

Une histoire comparée de la modélisation des déplacements  
urbains en France et en Amérique du Nord (Etats-Unis et  
Canada) sur la longue durée (1950 à nos jours)

Quelles leçons pour la production et le maintien d'une expertise  
scientífico-technique ?

**Konstantinos CHATZIS**

**(HISTOMOD)**

*RAPPORT FINAL*

Mars 2013

CONVENTION DE SUBVENTION

10-MT-PREDIT G06-2-CVS-048, 2010, N° CHORUS

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie



## RESUME

Ce rapport propose une analyse comparée de la trajectoire de la modélisation des déplacements urbains dans deux aires géographiques, l'Amérique du Nord, représentée par les Etats-Unis et le Canada, et la France, de la seconde guerre mondiale à nos jours. Pour ce faire, il adopte une perspective particulière qui envisage la modélisation comme un *processus de production* : nous nous sommes alors intéressé à la fois aux différents acteurs qui ont produit ce type de modélisation, aux « matières premières » (enquêtes sur la mobilité...) et aux « moyens de production » (logiciels et machines informatiques, par exemple) nécessaires à sa production et sa mise en œuvre. En mobilisant ce cadre analytique, nous avons d'abord établi une périodisation de l'évolution de ce champ de modélisation pour chacune des deux aires géographiques.

Ainsi le cas américain est-il caractérisé par quatre grands cycles. Les années de l'entre-deux guerres forment les prémices de ce type de modélisation. La période 1940-1970 consacre le champ de la modélisation des déplacements urbains à la fois comme une activité professionnelle particulière et comme un domaine spécifique de recherche universitaire. Un cadre général, connu sous le nom de « modélisation à quatre étapes » est alors établi grâce à l'action de plusieurs acteurs. Les vingt années suivantes sont marquées par deux grands types de changement par rapport à la période précédente. Au niveau des acteurs, l'équilibre entre la puissance publique et le secteur privé (bureau d'études...) se déplace en faveur du dernier, alors que des nouvelles techniques de modélisation, telles que l'approche désagrégée et l'affectation à l'équilibre, se développent, avec les apports décisifs des universitaires, sans pour autant ébranler le cadre général de la « modélisation à quatre étapes », qui arrive à les intégrer comme parties de sa structure globale. Enfin, la période qui s'ouvre à partir des années 1990 est aussi riche en nouveautés. Alors que le système universitaire continue à être un acteur central du champ, un retour de l'Etat sur la scène de la modélisation est observé, illustrée par le projet TRANSIMS, mais qui ne semble pas pour autant avoir mis en cause la prééminence acquise par les acteurs privés durant la période précédente. En ce qui concerne les pratiques de modélisation, le champ offre le spectacle d'un grand dynamisme (modélisation basée sur les activités, modèles d'affectation dynamique...), au point que la « modélisation à quatre étapes » a, depuis une dizaine d'années, et pour la première fois depuis son élaboration dans les années 1960, à composer sérieusement avec des paradigmes de modélisation alternatifs.

Le même cadre analytique, appliqué cette fois au cas français, met en lumière deux grandes périodes (1950-1980 et de 1980 à nos jours) aux caractéristiques distinctes. Après avoir commencé par se familiariser, à partir des années 1950, avec la modélisation américaine, les acteurs français, publics et privés, construisent, sous l'égide de la puissance publique, durant la décennie suivante et le début des années 1970, une expertise nationale que l'Administration centrale va ensuite « normaliser » et diffuser massivement à travers le territoire. Comme pour le cas nord-américain, la période « 1980-présent » est en revanche marquée par la domination progressive de ce champ de modélisation par le secteur privé, représenté souvent par des bureaux d'études étrangers et des entreprises productrices de logiciels originaires de pays autres que la France (dont les Etats-Unis et le Canada). Ce sont ces acteurs privés qui deviennent le vecteur principal du changement dans les pratiques en matière de modélisation des déplacements urbains en France après 1980.

La lecture croisée de deux trajectoires, nord-américaine et française, a permis également d'identifier une série de similarités et de différences. Avec un certain décalage dans le temps, les deux régions géographiques connaissent d'abord des évolutions somme toute assez similaires : dans les deux cas, la modélisation des déplacements urbains est placée, en effet, sous l'égide de l'Etat central (fédéral pour le cas états-unien). Mais dans un second temps, à partir des années 1970/80, les trajectoires divergent. Alors que l'on peut signaler, sur les deux rives de l'Atlantique, un certain désengagement de la puissance publique de ce champ de modélisation par rapport à la période précédente ainsi qu'une montée en puissance du secteur privé, il manquera en France le couplage entre les firmes privées au fort potentiel d'innovation et la recherche universitaire, qui constitue l'un des points forts de la modélisation nord-américaine à partir des années 1970.

## ABSTRACT

HISTOMOD is a research project dealing with “A Comparative History of Urban Travel Demand Modeling in France and in North America (US and Canada) in the long run (from the 1950s up to the present): what lessons can be drawn for a better management of the long-term production and maintenance of techno-scientific expertise ?” This two-and-half year project (October 2010-March 2012) was funded by PREDIT 4 GO6.

This research offers a first comprehensive study of Urban Travel Demand Modeling (UTDM) in two distinct regions of the world, France and North America, in the long run. It was carried out from a comparative perspective. To do so, the research made an extensive use of an original analytical framework that treats modeling practices as a production process: in addition to the “product” itself, i.e., the mathematical formulae, I focus on the various actors (individuals and institutions) involved in urban travel forecasting. I also look at the “raw materials” (such as household travel surveys) and at the “means of production” (computers and software) required for the production and implementation of these modeling practices.

Based on this analytical framework, I first proposed a temporal periodization of the development of UTDM for both geographical areas.

I identified four distinct periods in the development of UTDM for the American case : the inter-war period, the time span stretching from the 1940s to the 1960s, the period 1970-1990, and the years from the 1990s up to the present. The inter-war period is that of the modest beginnings of urban travel forecasting. During 1940-1970, urban travel demand modeling progressively transformed into a full-fledged professional field as well as into a specific scientific object within the Academia. Thanks to the contributions of several actors, a general modeling framework known as the « Four Step Model » emerged over this period. The next two decades (the 1970s and the 1980s) were marked by two major shifts. Concerning the expertise held by the various actors involved in this kind of modeling, the balance of power between the “public” (federal and state highway departments, metropolitan planning organizations) and the private sector (engineering consulting firms and software companies) eventually tilted towards the latter. As to the modeling practices, as a result of the work carried out within universities, new approaches such as disaggregate models and user equilibrium

assignment techniques were developed within the « Four Step » general framework. The more recent period (1990 up to present)) is also replete with novelties. Thanks to an ambitious research program named TRANSIMS, there was a coming-back of the Federal administration in UTDM. The private sector, having forged strong bonds with academic research, still remain a major stakeholder in this modeling field, and the same applies to the university system. New modeling approaches such as the so-called “Activity-based Modeling” and “Dynamic Traffic Assignment” are challenging the traditional forecasting techniques and may pave the way for a new paradigm within the realm of urban travel demand modeling.

Based on the above-mentioned analytical framework (i.e., studying modeling as a *production process*), the analysis of urban travel forecasting in France shows a two-stage trajectory. During 1950-1980, State French engineers along with private consulting firms, after having familiarized themselves with American modeling practices, succeeded in creating a national expertise in this domain, which the French administration normalized, disseminated and implemented on a large scale throughout the national territory in the 1970s. The post-1980 clearly contrasts with what went before. Evidence shows that the French administration progressively withdrew from UTDM, thus paving the way for the rise to dominance of private (and often foreign) engineering consulting firms, which became the main repositories of expertise concerning urban travel forecasting in France.

Based on our analytical framework, I identified and explained a series of similarities and differences between the two cases under study. By looking at the history of urban travel forecasting in France through the lens of the American case, this research could cast a new light on a number of strains characterizing the development through time of this kind of modeling in France, especially the decline of French national modeling after 1980. In my opinion, one of the main reasons behind this (relative) decay lies in the fact that the strong relationships between the private sector (consulting engineering firms and software companies) and university research characterizing urban travel demand modeling in the US and Canada over the last thirty years has failed to materialize in France so far.

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>9</b>
<b>PREMIERE PARTIE</b>	<b>17</b>
<b>LE CAS NORD-AMÉRICAIN</b>	
<b>SECTION I</b>	<b>19</b>
<b>LA LONGUE MARCHÉ VERS LA MODELISATION A QUATRE ETAPES (DE L'ENTRE-DEUX-GUERRES AUX ANNEES 1960)</b>	
<i>CHAPITRE 1</i>	
LES PREMICES (LES ANNEES DE L'ENTRE-DEUX-GUERRES)	25
<i>CHAPITRE 2</i>	
LA MODELISATION DES DEPLACEMENTS URBAINS ARRIVE A MATURETE (VERS 1945-VERS 1970)	73
<b>SECTION II</b>	<b>151</b>
<b>NOUVELLES TECHNIQUES DE MODELISATION ET MONTEE EN PUISSANCE DE L'UNIVERSITE ET DU SECTEUR PRIVE (VERS 1970-VERS 1990)</b>	
<i>CHAPITRE 3</i>	
LA MODELISATION DESAGREGEE ET UN PRIX NOBEL : PRATIQUES ET ACTEURS (I)	157
<i>CHAPITRE 4</i>	
DES TECHNIQUES HEURISTIQUES A L'AFFECTATION A L'EQUILIBRE : PRATIQUES ET ACTEURS (II)	189
<i>CHAPITRE 5</i>	
UN VIEIL OBJET, DE NOUVELLES PRATIQUES (A PROPOS DES ENQUETES SUR LES DEPLACEMENTS)	223
<b>SECTION III</b>	<b>241</b>
<b>VERS DE NOUVEAUX PARADIGMES ? (DES ANNEES 1990 A NOS JOURS)</b>	
<i>CHAPITRE 6</i>	
TRANSIMS ET LA TENTATIVE DE RETOUR DE L'ETAT FEDERAL	247
<i>CHAPITRE 7</i>	
LA LONGUE MARCHÉ DE LA MODELISATION BASEE SUR LES ACTIVITES VERS LES APPLICATIONS : PRATIQUES ET ACTEURS (I)	275
<i>CHAPITRE 8</i>	
INTRODUIRE LE TEMPS DANS L'ETAPE D'AFFECTATION : PRATIQUES ET ACTEURS (II)	303

<b>DEUXIEME PARTIE</b>	<b>337</b>
<b>LE CAS FRANCAIS</b>	
<b>SECTION IV</b>	<b>339</b>
<b>D'UNE MODELISATION SOUS L'EGIDE DE L'ETAT A LA DOMINATION PROGRESSIVE DU CHAMP PAR LE SECTEUR PRIVE (DES ANNEES 1950 A NOS JOURS)</b>	
<i>CHAPITRE 9</i>	
DE L'IMPORTATION DES SAVOIRS AMERICAINS A LA CREATION D'UNE EXPERTISE NATIONALE (1950-1980)	341
<i>CHAPITRE 10</i>	
DES ANNEES 1980 A NOS JOURS OU LA DOMINATION PROGRESSIVE DU CHAMP PAR LE SECTEUR PRIVE	357
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>375</b>



## INTRODUCTION GENERALE

Après la Seconde guerre mondiale, la modélisation des déplacements urbains est devenue une activité centrale pour les ingénieurs et les décideurs politiques dans le domaine des transports. En effet, pour concevoir et évaluer la pertinence d'une nouvelle infrastructure de façon rationnelle – de nouvelles voies urbaines ou un métro, par exemple –, on a besoin de connaître, fût-ce approximativement, le nombre des déplacements qui vont transiter dans le futur par l'infrastructure projetée. Et même quand, à partir des années 1970, avec des modulations nationales, les politiques de transport visent plutôt à tirer le meilleur parti des infrastructures existantes qu'à en produire des nouvelles, la nécessité de pouvoir prédire les futurs flux, pour évaluer justement l'impact des différentes politiques d'aménagement envisagées<sup>1</sup> sur le fonctionnement des réseaux en place ainsi que sur l'environnement (émissions atmosphériques, consommation d'énergie...) et la société (avantages et désavantages pour des groupes sociaux particuliers) reste toujours d'actualité. Plus récemment encore, l'arrivée en force, à partir des années 1990, des « Systèmes de Transports Intelligents » (« Intelligent Transportation Systems (ITS) », en anglais) a fini par enrichir la famille de modèles en place par de nouvelles techniques de prédiction prenant en compte la dimension temporelle du phénomène du trafic.

Des années 1940 à nos jours, la modélisation des déplacements urbains, qui n'a cessé d'évoluer tout au long de ces années à la fois dans ses formalismes mais aussi dans ses objectifs et le système d'acteurs qui la porte, s'est imposée comme un outil largement utilisé à travers le monde. Or, malgré la richesse de l'objet – réalité hybride, qui incorpore régulièrement des résultats de recherches académiques poussées mais qui est aussi massivement utilisée à des fins pratiques – et le rôle que ce type de modélisation a joué et continue à le faire dans la fabrication et le métabolisme de nos villes, force est de constater la quasi absence d'intérêt dont les historiens et autres chercheurs en sciences sociales ont fait montre à son égard jusqu'à présent<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Tels que : l'interdiction du stationnement, la création de couloirs dédiés de façon exclusive aux transports en commun, la mise en place de nouvelles tarifications ou l'établissement de péages.

<sup>2</sup> Le lecteur intéressé par un tour bibliographique sur la question peut consulter les deux documents suivants : Konstantinos Chatzis, *Etat et privé dans la modélisation des déplacements urbains en France, 1960-2005 : quel processus de « production » ?*, Rapport pour le compte de la DRAST/MEDAD, Champs-sur-Marne, LATTs, juin 2009 ; et surtout le texte de notre proposition à l'appel d'offre qui a débouché sur la recherche dont le présent rapport présente les résultats.

C'est cette absence qui nous a poussé à entreprendre, il y a quelques années déjà, une histoire de la modélisation des déplacements urbains pour le cas français, des années 1950 à nos jours<sup>3</sup>. La recherche dont le présent rapport expose les tenants et aboutissants s'inscrit dans la continuité de cette première excursion historique dans l'univers de la modélisation des déplacements urbains. Elle la complète et l'enrichit de plusieurs façons.

S'intéresser à l'histoire de la modélisation des déplacements urbains sans se pencher sur le cas des Etats-Unis, et de l'Amérique du nord plus généralement, c'est se priver volontairement de la plus grosse partie de cette histoire. Pays aux besoins accrus en matière de gestion du trafic, « démocratie automobile »<sup>4</sup> oblige, les Etats-Unis se lancent en effet dans la modélisation des déplacements urbains les premiers parmi les pays industrialisés de l'époque. Les premières tentatives de mesurer les flux présents sur les routes américaines et de prédire les flux futurs remontent à la période de l'entre-deux-guerres. L'Amérique du nord reste depuis l'époque de ces efforts pionniers l'un des lieux, voire le lieu majeur, pour la production de nouveaux savoirs et pratiques dans le domaine de la modélisation.

Mais ce (long) voyage dans la modélisation nord-américaine concerne aussi le cas français. Démarré sur le sol américain, ce type de modélisation traverse rapidement l'océan pour atteindre plusieurs pays du vieux continent, tous plus ou moins pressés de se ranger rapidement, à leur tour, sous la rubrique de la « société de l'automobile »<sup>5</sup>. La France figure parmi ceux-ci, et sa modélisation nationale, variété d'une pratique déployée dans un espace

---

<sup>3</sup> Cette recherche avait bénéficié, par ailleurs, dans le cadre du PREDIT 3, d'une subvention d'environ 7000 euros (subvention 07MTS02). Le rapport final relatif à cette recherche a été rendu en juin 2009 : Chatzis, *Etat et privé dans la modélisation des déplacements urbains en France, 1960-2005 : quel processus de « production » ?*, *op. cit.* Sur l'histoire de la modélisation des déplacements urbains en France, outre le rapport précité, on peut consulter : Konstantinos Chatzis, « De l'importation de savoirs américains à la création d'une expertise nationale. La modélisation des déplacements urbains en France, 1950-1975 », dans M. Flonneau et V. Guigueno (éd.), *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?*, Rennes, PUR, 2009, p. 159-169; Konstantinos Chatzis, « La modélisation des déplacements urbains en France depuis les années 1980, ou la domination progressive du champ par le secteur privé », *Flux*, n° 85/86, juillet-décembre 2011, p. 22-40 (cet article incorpore quelques résultats obtenus durant la recherche dont le présent rapport rend compte). Le livre de Gabriel Dupuy, *Une technique de planification au service de l'automobile : les modèles de trafic urbain*, Paris, Copédith, 1975, pionnier au moment de sa parution, reste toujours une lecture obligée pour la modélisation française de la période 1955-1974.

<sup>4</sup> L'expression est de Paul Yonnet, *Jeux, modes et masses, 1945-1985*, Paris, Gallimard, 1985, p. 253. En 1927, il y a 44 habitants pour une voiture en France comme en Grande-Bretagne, 196 en Allemagne, une automobile pour 5,3 habitants des Etats-Unis (*in ibid.*, p. 254). La « démocratie automobile » commence à s'installer en France bien plus tard, dans les années 1960 (voir ch. 9).

<sup>5</sup> Nous rendons ainsi en français l'expression : « Car Society ».

vite devenu transnational<sup>6</sup>, sera beaucoup alimentée, et ce des années 1950 à nos jours, par ce qui se passe de l'autre côté de l'Atlantique. Mais les Etats-Unis et le Canada ne nous intéressent pas uniquement en leur qualité de pays qui ont contribué à la modélisation française. Une autre raison d'étendre notre recherche au cas nord-américain réside dans les vertus de la démarche comparative : en renvoyant chaque cas national au miroir de l'autre, en identifiant similarités et différences, nous serons mieux armé pour expliquer chacune des trajectoires nationales. Notons qu'une telle lecture croisée peut intéresser aussi le non historien. La connaissance des dernières évolutions observées dans des pays-phares de la modélisation actuelle comme les Etats-Unis et le Canada et, surtout, l'analyse comparée sur la longue durée des « points forts » et des « points faibles » de la modélisation nord-américaine et hexagonale en la matière peuvent, en effet, livrer des enseignements utiles sur la meilleure façon de gérer la production et le maintien dans la durée d'une expertise de nature technico-scientifique (ici les modèles des déplacements urbains).

Pour « lire » l'histoire de la modélisation des déplacements urbains dans les deux aires géographiques retenues pour cette recherche, nous avons adopté une perspective particulière, qui envisage la modélisation comme un *processus de production*. Outre au « produit » lui-même, à savoir les principes de base et les formalismes mathématiques des modèles, nous nous sommes alors intéressé aux différents composants de ce processus de production. Aux acteurs qui l'habitent en premier lieu, des individus et des institutions (des agences de planification des transports, des administrations, des bureaux d'études privés, des compagnies de production de logiciels et des centres universitaires..), aux milieux que ces acteurs forment (associations professionnelles...), aux supports à travers lesquels ils interagissent, produisent et diffusent les résultats de leur travail (revues, manuels, et plus récemment « webinars »...). Mais au-delà des acteurs qui font fonctionner le « processus de production », notre attention s'est portée également sur les « matières premières » (enquêtes sur les déplacements notamment) ainsi que sur les « moyens de production » (logiciels, supports informatiques et autres dispositifs

---

<sup>6</sup> Sur la problématique « espace transnational » (de la technique), voir, entre autres, le dossier coordonné par Konstantinos Chatzis et Michel Pinault, « L'Europe du XIX<sup>e</sup> siècle : une dynamique d'intégration technique ? », *Histoire et Sociétés. Revue européenne d'histoire sociale*, n° 21, mars 2007, p. 6-59. Pour l'existence d'un tel espace transnational en matière de pratiques de planification des transports, voir, par exemple : Per Lundin, « Mediators of modernity : planning experts and the making of the “car-friendly” city in Europe », M. Hård et T.J. Misa (éd.), *Urban machinery : inside modern European cities*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2008, chap. 12. Sur le rôle décisif des Etats-Unis dans la constitution de cet espace, voir aussi Bruce E. Seely, “‘Push’ and ‘Pull’ Factors in Technology Transfer. Moving American-Style Highway Engineering to Europe, 1945-1965”, *Comparative Technology Transfer and Society*, vol. 2, n° 3, 2004, p. 229-246.

matériels) nécessaires à la fabrication et à la mise en œuvre de la modélisation<sup>7</sup>. Suffisamment large pour permettre de capter plusieurs facettes de la modélisation des déplacements urbains, cette grille d'analyse sert aussi de guide à l'intérieur de la masse de données potentielles relatives à cet objet, en indiquant les différents lieux à explorer de façon systématique de deux côtés de l'Atlantique.

Le présent rapport comprend deux grandes parties, organisées chacune selon une trame chronologique. Chronologiquement antérieure, alimentant son pendant français, la modélisation nord-américaine est traitée en premier lieu. Nous serons ainsi mieux armé pour analyser les circulations qui ont eu lieu entre les deux rives de l'Atlantique ainsi que leurs retombées pour le cas français. A l'intérieur de chaque partie, différentes sections traitent de chaque période spécifique, et sont composées chacune de plusieurs chapitres (pour le cas français il y a une seule section). Chaque section est dotée d'une introduction dont la fonction est d'annoncer le contenu des chapitres qui la composent, de proposer des éléments de contextualisation pour l'ensemble de la période couverte, d'établir des connexions entre les chapitres et de souligner les grandes tendances générales qui caractérisent la période en question. La conclusion générale est consacrée principalement à une mise en regard des évolutions de la modélisation des déplacements urbains en Amérique du nord et en France. Elle souligne les similarités et les différences qui marquent les trajectoires observées de deux côtés de l'Atlantique et essaie surtout de rendre compte des spécificités nationales révélées par l'analyse. Cette lecture croisée est précédée par une vue panoramique sur l'évolution de la modélisation des déplacements urbains, de ses origines à nos jours. Cette vue, contrairement aux analyses synthétiques proposées dans les introductions des sections qui portent sur des périodes et places particulières, tente d'embrasser la totalité du parcours de l'objet.

Avant de commencer à suivre l'évolution des modèles, de leurs acteurs, « moyens de production » et « matières premières » en Amérique du nord et en France sur la longue durée, qu'on me permette ici d'adresser trois brefs messages à destination du lecteur.

---

<sup>7</sup> Modèles et modélisation sont beaucoup étudiés jusqu'à présent selon une perspective épistémologique (les relations entre le "modèle" et la réalité représentée; la place occupée, hier et aujourd'hui, par les modèles et la modélisation dans la production des connaissances scientifiques, etc.). Bien plus rares sont, à notre connaissance, les travaux qui abordent la modélisation comme une activité en "société" (conditions de production des modèles, usages sociaux de la modélisation, etc.). Voir par exemple l'article de synthèse signé par Michel Armatte et Amy Dahan-Dalmedico, « Modèles et modélisations, 1950-2000: Nouvelles pratiques, nouveaux enjeux », *Revue d'histoire des sciences*, vol. 57, n° 2, 2004, p. 245-305, ainsi que le livre édité par Angela N.H. Creager, Elisabeth Lunbeck et M. Norton Wise (éd.), *Science without Laws. Model systems, cases, exemplary narratives*, Durham and London, Duke University Press, 2007.

Le premier concerne une certaine asymétrie de traitement entre la période qui s'arrête aux alentours de l'année 1970 et celle qui lui succède, abordée de façon plus détaillée. Outre la nécessité de donner au document des proportions raisonnables pour le lecteur, plusieurs raisons ont motivé ce choix. Tout d'abord, de façon générale, ce sont les périodes les plus proches du présent qui sont souvent dépourvues d'analyses et de vues synthétiques. Ce sont aussi ces mêmes périodes qui sont susceptibles d'intéresser le plus le non-historien parmi les lecteurs potentiels de ce travail. A ces considérations d'ordre général s'ajoutent d'autres plus spécifiques. Le champ de la modélisation des déplacements urbains enregistre en effet à partir des années 1970 plusieurs développements importants qui méritent un « ralentissement » de l'analyse. Mais la raison principale qui a motivé notre décision de centrer, dans un premier temps du moins, notre regard sur la période qui s'ouvre avec les années 1970 est directement liée à certains résultats de l'étude. La mise en regard des cas nord-américain et français révèle en effet deux trajectoires qui bifurquent à partir des années 1970. Alors qu'outre Atlantique la modélisation continue, avec ses hauts et ses bas, à innover, la modélisation française est prise dans un double déclin – par rapport à l'époque précédente *et* eu égard aux performances d'autres systèmes nationaux – au fur et à mesure qu'on avance dans le temps, avec comme conséquence que les principales impulsions de changement dans la modélisation des déplacements urbains en France depuis le début des années 1980 viennent de l'étranger et sont en grande partie le fait de bureaux d'études et d'entreprises productrices de logiciels originaires d'autres pays, dont les Etats-Unis et le Canada. Ce contraste est d'autant plus intéressant à relever et à analyser que les deux régions géographiques ont connu le même désengagement de l'Etat central de ce champ de la modélisation après les années 1980. C'est pour mieux comprendre les raisons de cette divergence que la période post-1970 occupe une plus grande place dans notre étude.

On va ainsi découvrir qu'à partir des années 1960, l'université américaine devient progressivement un acteur décisif dans le champ de la modélisation des déplacements urbains. Elle occupera par conséquent une place importante dans notre historique. Cela étant, comme notre étude porte sur des modèles qui ont fini par devenir opérationnels et connaître une large diffusion auprès des praticiens, la recherche académique, et plus généralement l'activité universitaire dans ce domaine de modélisation, sont abordées à la seule condition qu'elles entretiennent des rapports significatifs avec la pratique.

Comme notre objet d'étude évolue dans le temps, le lecteur devra parcourir l'ensemble du document pour se faire une idée précise et aussi complète que possible de ce qu'est la « modélisation des déplacements urbains ». Pour l'aider dans son cheminement vers la construction de ce tableau final, nous avons placé à la fin de l'introduction générale un encadré qui décrit de façon schématique les principes généraux du modèle dit à « quatre étapes ». Celui-ci est souvent présenté comme un quasi synonyme de la modélisation des déplacements urbains. Cette identification aussi problématique qu'elle soit a ses explications et ses raisons. Articulé de façon explicite au début des années 1960, et consolidé pendant cette décennie, le modèle à quatre étapes, toujours présent sur la scène de la modélisation des déplacements urbains, a, en effet, offert aux modélisateurs un cadre général à l'intérieur duquel ils ont pu développer plusieurs familles de modèles, aux philosophies et caractéristiques différentes, parfois même antagonistes. C'est ce même modèle « à quatre étapes » que des paradigmes alternatifs ambitionnent de remplacer. Pour ces raisons, il peut servir de carte guidant le lecteur dans son exploration du territoire de la modélisation des déplacements urbains.

*Remerciements* : Plusieurs personnes ont bien voulu partager leurs connaissances et expériences en matière de modélisation des déplacements urbains. Leurs noms seront mentionnés individuellement aux différents endroits appropriés du document. Je les remercie ici collectivement, comme j'exprime ma gratitude à Denis Bocquet, qui par un geste de pure amitié, a lu une première version du présent rapport.

## Principes généraux du modèle dit « à quatre étapes »

Il s'agit de modéliser (prévoir) les déplacements à l'intérieur d'une agglomération urbaine donnée, découpée pour les besoins de la modélisation en plusieurs zones. La prévision de ces flux résulte de la combinaison de quatre modélisations (étapes), chacune répondant à une question particulière.

Génération (« Generation »): Les modèles relatifs à la génération des déplacements sont destinés à répondre à la question : étant donné une hypothèse d'urbanisation des terrains (emplois, habitat, commerces...), combien de déplacements partiront (émission) et arriveront (attraction) dans la zone considérée ?

Distribution (« Distribution »): Les modèles de distribution prédisent les déplacements effectués entre les différentes zones de l'agglomération. Ils répondent à la question : où vont les déplacements quittant la zone considérée, d'où viennent les déplacements arrivant dans cette zone ? La sortie des modèles relatifs à cette étape est une matrice « Origine-destination » (dite matrice « O-D »), qui donne pour chaque couple de zone (i, j) le nombre de déplacements quittant la zone i et se dirigeant vers la zone j.

Choix modal (« Mode/Modal Split » ou « Mode/Modal choice »): Les modèles de choix modal répondent à la question : quel est le mode de transport (voitures particulières et Transport en commun, pendant très longtemps) utilisé ? Ils calculent une matrice « O-D » par mode de transport.

Affectation (« Traffic Assignment »): Les modèles de cette étape servent à calculer le nombre de personnes utilisant chacun des éléments du réseau de transport. Pour cela, ils déterminent pour chacune des liaisons de la matrice « O-D », le ou les *itinéraires* qui seront utilisés (réseau routier pour les voitures privées ; lignes pour les transports collectifs).

**Nota bene 1** : Nous aimerions souligner le fait que le « modèle à quatre étapes » ne constitue pas un modèle *stricto sensu*, mais une approche générale à la modélisation. C'est pour cette raison que nous préférons parler par la suite de *modélisation* « à quatre étapes ». Plusieurs modèles, aux philosophies et caractéristiques différentes, ont été développés à l'intérieur de chacune des quatre étapes.

**Nota bene 2**: Un autre élément que le lecteur doit avoir en tête au sujet de la modélisation à quatre étapes est que celle-ci exige, pour des raisons de cohérence interne, l'établissement de boucles de rétroaction (des feed-back) entre ses différentes parties. Ainsi, et pour rester dans le cas d'une modélisation monomodale (voiture privée, par exemple), les modèles utilisés lors de l'étape de distribution font intervenir en général les temps nécessaires pour aller d'une zone à l'autre. Or, ces temps seront calculés de façon précise uniquement lors de l'étape d'affectation. D'où la nécessité de revenir à l'étape de distribution avec les nouveaux temps et de réitérer l'enchaînement des étapes. Et les choses se compliquent davantage quand on passe à une modélisation multimodale et que l'on fait intervenir aussi l'étape de choix modal. Les constructeurs de la modélisation à quatre étapes étaient sensibles à la nécessité d'instaurer des boucles de rétroaction entre étapes. Malheureusement, ce processus itératif est difficile à mener à bien dans des situations opérationnelles (contraintes financières, délais, difficulté d'obtenir la convergence recherchée). Des témoignages de praticiens suggèrent que pendant longtemps on a pratiqué la modélisation à quatre étapes sans procéder à ces feed-back.





## **PREMIERE PARTIE**

### **Le cas nord-américain**



## SECTION I

### **La longue marche vers la modélisation à quatre étapes (de l'entre-deux-guerres aux années 1960)**

En 1970, le « Bureau of Public Roads » publie un document intitulé « Urban Transportation Planning : General Information and Introduction to System 360 »<sup>8</sup>. « System 360 » se réfère à la célèbre gamme d'ordinateurs lancée par IBM en 1965, et dont l'architecture restera pendant longtemps, jusqu'aux années 1990, la base pour les produits du géant de l'informatique<sup>9</sup>. « Urban Transportation Planning » contient la présentation d'un nombre impressionnant de programmes informatiques destinés aux professionnels de la modélisation des déplacements urbains, qui peuvent se les procurer gratuitement auprès du « Bureau of Public Roads ». Les pages du document sont aussi remplies des mots totalement inconnus de l'ingénieur spécialisé dans les transports à la sortie de la seconde guerre mondiale, mais qui sonnent, en revanche, parfaitement banals aux oreilles du modélisateur d'aujourd'hui : « Traffic Assignment », « Capacity restraint », « Minimum Path », « Intervening opportunities Model », « Trip Length Frequency distribution », « Fratar Method », « Cross-Classification Analysis », « Trip Generation », « Trip Distribution », « Modal Split »... Cette avalanche de nouveaux termes techniques mesure le chemin parcouru par la modélisation des déplacements urbains durant la période 1945-1970 aux Etats-Unis et en Amérique du Nord plus généralement.

Les changements ne concernent pas uniquement la technologie – les gros ordinateurs (« mainframes ») contre les machines de tabulation de jadis –, ou les techniques mathématiques de prédiction. Entre la fin de la Seconde Guerre mondiale et l'arrivée de Nixon au pouvoir, un tout nouveau système d'acteurs est installé sur la scène de la modélisation. D'anciens protagonistes se sont retirés, ou du moins ont perdu une grande part de leur importance de jadis, au profit de nouveaux acteurs, dont l'action combinée va contribuer à conférer à la modélisation des déplacements urbains plusieurs de ses traits actuels. C'est pendant cette période que ce champ de modélisation particulier va commencer à devenir, sur le sol américain et de façon définitive, à la fois une activité professionnelle spécifique et un domaine particulier

---

<sup>8</sup> Bureau of Public Roads, *Urban Transportation Planning : General Information and Introduction to System 360*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, juin 1970.

<sup>9</sup> Paul E. Ceruzzi, *A History of Modern Computing*, 2e édition, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2003, ch. 5.

de recherche académique. C'est le second chapitre, le plus long de la section, qui prend en charge le récit de cette double évolution.

Nous allons commencer par présenter un nouvel outil, toujours présent sur la scène de la modélisation, mis au point, juste à la sortie de la seconde guerre mondiale, nommé « enquête ménages déplacements » (« home interview »), laquelle, massivement appliquée à l'ensemble du territoire américain, va permettre une cartographie extrêmement détaillée des pratiques des déplacements de l'Amérique urbaine. C'est sur la base des informations obtenues lors de ces enquêtes qu'une série de modélisateurs vont tenter de mettre les flux de trafic en équation, en proposant vers le milieu des années 1950 les premiers modèles de prévision des déplacements urbains, dont le fameux « modèle gravitaire », qui va faire preuve, à l'instar de l'« enquête ménages déplacements », d'une longévité à toute épreuve, car toujours présent sur la scène de la modélisation.

C'est sur les acquis de la décennie 1945-1955 que de nouveaux acteurs vont apporter leur contribution décisive à l'édification du champ. A partir de la seconde moitié des années 1950 et tout au long des années 1960, plusieurs régions métropolitaines nord-américaines envisagent de grands projets d'infrastructure de transports, des autoroutes urbaines essentiellement mais aussi des transports collectifs en site propre pour certaines d'entre elles. Pour ce faire, elles vont créer des agences de planification originales<sup>10</sup>, dotées de ressources financières mais aussi humaines d'une ampleur jamais rencontrée jusqu'alors. Pour remplir leur mission et concevoir de façon « rationnelle » les projets d'infrastructure dont elles ont la charge, ces agences vont intensément cultiver la science de la modélisation. Un homme, J. Douglas Carroll, Jr. (1917-1985), et une agence de planification, la « Chicago Transportation Area Study » (CATS), illustreront à merveille la productivité dont fera preuve ce nouveau type d'acteur en matière de modélisation des déplacements urbains. C'est dans les publications des membres du CATS, dans la seconde moitié des années 1950 et au début des années 1960 pour l'essentiel, que l'on trouvera, d'ailleurs, la première expression articulée de la « modélisation à quatre étapes » (voir l'encadré dans l'introduction générale), qui donnera, tout en évoluant, à partir du début

---

<sup>10</sup> Suite au « 1962 Federal-Aid Highway Act », toutes les régions urbaines avec une population supérieure à 50000 habitants créent des agences de planification des transports ; celles-ci pourront recevoir de l'argent du gouvernement à condition qu'elles respectent une série de règles dictées par l'administration fédérale. Ces agences prendront au début des années 1970 leur appellation actuelle : « Metropolitan Planning Organizations » (MPO).

des années 1960, la forme générale de la modélisation dans le domaine des déplacements urbains jusqu'à aujourd'hui.

Acteurs désormais centraux, ces agences urbaines de planification de transports ne seront pas les seuls sites de production des nouvelles techniques de modélisation dans les années 1960. Un nouveau type de bureau d'études privé, exclusivement ou presque spécialisé dans la conception de plans de transports urbains à l'aide de modèles, va également émerger durant cette période. Certains de ces bureaux, comme « Wilbur Smith and Associates », « Traffic Research Corporation », et « Alan M. Voorhees and Associates », deviendront, à l'instar du CATS, des lieux d'élaboration de pratiques originales en matière de modélisation des déplacements urbains dans le cadre du schéma de la « modélisation à quatre étapes ».

Mais les années 1960 sont également marquées par la consécration de la modélisation des déplacements urbains comme champ de recherche académique spécifique. Plusieurs universités vont accueillir, en effet, ce nouveau champ de modélisation, qu'elles vont cultiver à l'aide des éléments provenant de deux disciplines académiques notamment : la science économique et la recherche opérationnelle. Certaines de ces universités, la « University of California », la « Northwestern University » et le « Massachusetts Institute of Technology », se dotent par ailleurs de centres de recherche interdépartementaux sur les transports, qui consacrent une part importante de leurs activités aux différentes facettes de la modélisation des déplacements urbains. L'apparition, à la fin de la décennie, d'une presse (académique) spécialisée et de manuels universitaires accordant une part importante à la modélisation des déplacements urbains témoigne de cette « académisation » croissante du champ.

En pleine évolution, peuplé de nombreux acteurs aux caractéristiques différentes – des agences métropolitaines de planification des transports à des bureaux d'études en passant par des centres de recherche universitaires –, le champ de la modélisation des déplacements urbains n'est pas dépourvu de centre pour autant. Celui-ci est occupé par un acteur, le « Bureau of Public Roads », les « ponts et chaussées » américains, pour aller vite. Au fur et à mesure qu'on avance dans le temps et que de nouveaux acteurs émergent et consolident leur position au sein du champ, le Bureau va s'installer dans un rôle qui s'apparente de plus en plus à celui de chef d'orchestre. Dès 1944, la nation américaine, à travers une série de « Highway Acts », se lance dans la conquête de son territoire par l'automobile. En 1956, la décision est prise de construire 41 000 miles d'autoroutes reliant les grandes villes du pays dont 5 500 en milieu urbain.

Gérant pour le compte du gouvernement fédéral des vastes sommes d'argent pour la réalisation de ce qui deviendra le plus grand programme de travaux publics jamais entrepris aux Etats-Unis et probablement au monde – le « Dwight D. Eisenhower National System of Interstate and Defense Highways », plus connu comme « Interstate Highway System »<sup>11</sup> –, le « Bureau of Public Roads » va massivement financer l'action et les activités de tous les acteurs impliqués dans le champ de la modélisation des déplacements urbains dans l'objectif de doter la nation des outils permettant une planification rationnelle de son système de transports. Mais le « Bureau of Public Roads » ne se cantonnera pas à son seul rôle de bailleur de fonds. Disposant d'un capital d'expertise technique accumulée depuis la période de l'entre-deux-guerres, il va passer les différents modèles proposés par le système d'acteurs de l'époque au crible d'un examen critique. Il va aussi systématiquement « collecter » les pratiques de modélisation conçues et mises en œuvre par les divers acteurs du champ, les siennes y compris, sélectionner celles qu'il jugera comme étant les meilleures et organiser leur diffusion auprès des praticiens par l'intermédiaire de cours à travers le pays et, de façon encore plus efficace, sous forme de programmes informatiques écrits, à l'aide des nombreux acteurs du champ, pour les « gros » ordinateurs de l'époque. La bibliothèque des programmes informatiques présentée dans le document qui a ouvert cette introduction représente alors l'aboutissement d'un travail démarré à la fin des années 1950 et poursuivi systématiquement tout au long de la décennie suivante.

Mais, ici comme ailleurs, difficile d'enregistrer une naissance *ex nihilo*. Sans vouloir accentuer plus qu'il ne le faut les continuités au dépens de ce qui émerge d'original après 1945, force est de constater que pour plusieurs composantes de ce champ de modélisation des « ancêtres » nés avant la Seconde Guerre mondiale sont facilement identifiables. C'est à une sorte de préhistoire immédiate de la modélisation des déplacements urbains qu'est consacrée le premier chapitre de la section (et du document entier). Couvrant pour l'essentiel la période de l'entre-deux-guerres, il a comme fonction première de réunir sous forme de grands tableaux les différentes conditions – organisationnelles, matérielles, idéologiques –, ayant rendu possible après-guerre la constitution progressive du champ de la modélisation des déplacements urbains dans sa forme actuelle.

---

<sup>11</sup> En 1974, 36 000 miles d'« Interstate system » avaient été construits, et le coût de l'opération vers 1980 avait dépassé les cent milliards de dollars. Voir: Carl Abbott, *Urban America in the Modern Age: 1920 to the Present*, Arlington Heights (Ill.), Harlan Davidson, Inc., 2007 (2e édition), p. 83; Mark H. Rose, « Reframing American Highway Politics, 1956-1995 », *Journal of Planning History*, vol. 2, n° 3, 2003, p. 212-236 (p. 218).

Le chapitre commence par la présentation d'une série d'acteurs, qui après avoir produit durant les années 1920-1940 une « proto-modélisation » des déplacements urbains, participent pleinement à la modélisation mure de l'après-guerre. Deux acteurs en particulier, dont les apparitions régulières ponctueront notre récit, commencent à se pencher sur la question des déplacements urbains dès les années 1920. Le premier est une vieille agence fédérale, le « Bureau of Public Roads » (BPR), qui va s'ériger progressivement en acteur central du champ de la modélisation des déplacements urbains jusqu'à sa disparition en 1970. L'autre acteur répond au nom de « Highway Research Board » (HRB). Il doit sa naissance, en 1920, en grande partie à l'intervention du BPR, mais il va lui survivre, sous l'appellation de « Transportation Research Board » à partir de 1974, jusqu'à nos jours. Placée sous le regard tutélaire de la « National Academy of Science », regroupant une pléiade d'acteurs publics et privés, HRB est chargé de piloter la recherche dans le domaine des réseaux autoroutiers, et va vite devenir, pour le rester, l'un des foyers les plus importants de diffusion de connaissances et de pratiques dans le domaine des transports en général et de la modélisation des déplacements urbains en particulier, à travers ses rencontres annuelles et ses publications notamment.

Grâce à l'action du « Bureau of Public Roads », du « Highway Research Board » et d'une série d'autres acteurs – dont le « Bureau for Street Traffic Research », le premier centre de recherche en matière de trafic automobile aux Etats-Unis, créé au milieu des années 1920 –, la période de l'entre-deux-guerres voit l'apparition d'une proto-modélisation des déplacements urbains. C'est des différents aspects de cette « proto-modélisation » que nous entretiendrons maintenant le lecteur, avec les premières enquêtes visant à mesurer le trafic et à identifier les origines et les destinations des déplacements ainsi que les premières tentatives déployées par les acteurs de l'époque visant à prédire l'évolution du trafic.

Mais point de modélisation, et probablement de proto-modélisation non plus, sans l'invention d'un dispositif matériel nouveau, l'autoroute urbaine : dédiée exclusivement au trafic automobile, interdite aux piétons et aux transports en commun, celle-ci transforme la circulation jusqu'alors chaotique des voitures en flux réguliers, susceptibles d'être saisi par les mathématiques et de devenir objet de modélisation. Solution qui permet à la fois de résoudre tous les problèmes que l'irruption de la voiture dans le tissu urbain<sup>12</sup> apporte avec elle et

---

<sup>12</sup> Le parc des voitures particulières immatriculées aux Etats-Unis passe de 8000 en 1900 à 17 440 000 unités vingt-cinq ans plus tard.

d'exploiter au maximum les potentialités de ce nouveau moyen de locomotion, pour les uns, grand danger à domestiquer impérativement, pour les autres, l'autoroute urbaine finira par s'installer définitivement dans le paysage des villes américaines, pour le meilleur et pour le pire.



# CHAPITRE 1

## Les prémices

### (les années de l'entre-deux-guerres)

Vers 1900, seules environ 8 000 voitures privées sont immatriculées aux Etats-Unis<sup>13</sup>. Au seuil de la seconde guerre mondiale, malgré la Grande Dépression, qui s'est avérée somme toute beaucoup plus dure avec les transports collectifs qu'avec l'industrie automobile<sup>14</sup>, le nombre des voitures immatriculées avoisine les 31 000 000<sup>15</sup>. Avec 44 personnes pour une voiture en 1927, France et Grande Bretagne font certes mieux que l'Allemagne qui n'affiche qu'une voiture pour 196 habitants, mais elles sont loin derrière des Etats-Unis (sept personnes pour une voiture vers 1927) qui deviennent incontestablement la première nation à se transformer, avec plusieurs longueurs d'avance par rapport au reste du monde industrialisé de l'époque, en « société de la voiture »<sup>16</sup>.

Depuis 1920, les Etats-Unis sont aussi une nation urbaine, ses villes accueillant désormais plus de la moitié de la population totale<sup>17</sup>. Comme le pays, la voiture américaine a également une identité urbaine très marquée. Des données pour l'année 1923 montrent, en effet, que cinq villes – Los Angeles, New York, Chicago, Detroit (le « county ») et Cleveland – totalisent à elles seules environ 10% du parc des voitures immatriculées<sup>18</sup>. Dans les années 1920, pour des millions d'Américains la voiture a cessé d'être un objet de luxe, ou « pleasure car » selon une expression de l'époque, pour devenir – par choix délibéré pour certains, sous la contrainte et faute d'alternatives pour d'autres, peu importe ici les interprétations du

---

<sup>13</sup> Henry K. Evans (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, New Haven, Published by Institute of Traffic Engineers, 1950 (2<sup>e</sup> éd.), p. 1-2. Miller McClintock, *Street Traffic Control*, New York, McGraw-Hill Book Company, 1925, donne pour l'année 1900 le chiffre de 13823 voitures immatriculées (in *ibid.*, p. 3).

<sup>14</sup> Mark Foster, "City Planners and Urban Transportation: The American Response, 1900-1940", *Journal of Urban History*, vol. 5, n° 3, 1979, p. 365-396.

<sup>15</sup> H.K. Evans (ed.), *Traffic Engineering Handbook*, *op. cit.*, p. 1-2.

<sup>16</sup> Paul Yonnet, *Jeux, modes et masses, 1945-1985*, Paris, Gallimard, 1985, p. 254.

<sup>17</sup> Carl Abbot, *Urban America in the Modern Age: 1920 to the Present*, Wheeling, Harlan Davidson, 2007 (2<sup>e</sup> éd.), p. 2. En 1920, les dix villes américaines les plus peuplées sont : New York (7910000) ; Chicago (3179000) ; Philadelphie (2407000) ; Boston (1772000) ; Pittsburgh (1208000) ; Detroit (1165000) ; St. Louis (952000) ; Cleveland (926000) ; San Francisco-Oakland (891000) ; Los Angeles (879000) (in *ibid.*, p. 181).

<sup>18</sup> M. McClintock, *Street Traffic Control*, *op. cit.*, p. 4 ; Clay McShane, « The Origins and Globalization of Traffic Control Signals », *Journal of Urban History*, vol. 25, n° 3, 1999, p. 379-404.

phénomène qui colorie différemment une réalité qui leur est commune<sup>19</sup> –, un instrument de la vie de tous les jours. Mais il y a plus. La banalisation croissante de l'usage de l'automobile pousse à un accroissement du nombre des voyages effectués à l'aide de ce nouveau moyen de locomotion, qui progressent à des rythmes dépassant souvent ceux de l'accroissement du nombre des voitures immatriculées<sup>20</sup>.

Augmentation du nombre de voitures, accroissement de celui des voyages : le spectre de la congestion et de vitesses décroissantes sur la voirie urbaine commence à hanter certaines villes américaines dès les années 1910. En 1913 déjà les New-Yorkais sont pris dans des embouteillages deux fois par jour. Dans les années 1910 toujours, la congestion frappe aussi Chicago et fait baisser la vitesse des tramways électriques dans le « Central Business District » (CBD) de la ville à un niveau inférieur à celui des « temps anciens », quand les voitures étaient tirées encore par des chevaux. A partir de la seconde décennie du XXe siècle, pour plusieurs villes américaines, le spectacle de piétons se déplaçant, pendant les heures de pointe, plus rapidement que les voitures dans la partie centrale de l'agglomération n'est pas rare<sup>21</sup>.

Mais la motorisation croissante des ménages n'amène pas avec elle de la congestion seulement. Bien plus grave, très rapidement la voiture transforme la rue de la ville américaine en lieu d'une extrême dangerosité. En 1910, la machine automobile est déjà responsable de 1681 décès accidentels<sup>22</sup> alors qu'en 1925, les « péages de la mort » (« death tolls ») sont payés au prix de 21 877 morts. Le chiffre monte à 32 929 en 1930. Parmi les victimes, on compte de nombreux enfants<sup>23</sup>. La voiture tue beaucoup en termes absolus, elle s'illustre aussi par ses dégâts en termes relatifs : d'après les statistiques établies par le « National Safety

---

<sup>19</sup> Sur les différentes interprétations, voir : Michael L. Berger, *The Automobile in American History and Culture. A Reference Guide*, Westport (Connecticut), Greenwood Press, 2001.

<sup>20</sup> L. E. Peabody, « The Western States Traffic Survey », *Public Roads*, vol. 13, n° 1, 1932, p. 11; C. McShane, « The Origins and Globalization of Traffic Control Signals », *op. cit.*, p. 381.

<sup>21</sup> C. McShane, « The Origins and Globalization of Traffic Control Signals », *op. cit.*, p. 380-381. Sur l'irruption de la voiture dans la ville américaine, et les effets de cette irruption en termes de sécurité surtout, l'analyse la plus récente se trouve dans Peter D. Norton, *The Dawn of the Motor Age in the American City*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2008, ouvrage qui contient aussi de nombreuses références.

<sup>22</sup> M. McClintock, *Street Traffic Control*, *op. cit.*, p. 6-7.

<sup>23</sup> Guides to Traffic Safety (approved by the Fourth National Conference, Washington, May 23-25, 1934), *National Conference on Street and Highway Safety*, Washington D.C., 1934, p. 8. Sur le cas des enfants, voir les données « effrayantes » in *ibid.*, p. 9.

Council », fondé en 1913<sup>24</sup>, un jour typique de l'année 1922 est marqué par 206 morts d'origine accidentelle : trente-huit d'entre eux sont provoqués par la voiture, qui se montre ici bien plus redoutable comme agent de destruction que plusieurs autres causes réunies<sup>25</sup>. Même pour un pays dont plusieurs représentants institutionnels se déclarent prêts « to suffer for the sake of progress »<sup>26</sup>, la situation devient intolérable.

Mais la voiture menace à cet époque aussi tous ceux qui s'activent professionnellement ou ont placé des intérêts financiers dans le « Central Business District » des villes : commerçants et propriétaires notamment<sup>27</sup>. En effet, plus de congestion signifie souvent moins de clients pour les boutiques des uns et une dévaluation de la propriété foncière des autres. Déjà, plusieurs commerçants commencent à suivre l'exode des habitants vers les premières banlieues résidentielles, autre grand phénomène dont les affinités électives avec la diffusion de l'automobile ne sont plus à démontrer<sup>28</sup>. Et comme la plupart des villes américaines dépendent à l'époque de façon critique de leurs « CBD » pour alimenter le budget municipal avec l'argent de taxes (« property tax revenues »), hommes politiques locaux et gestionnaires des affaires urbaines envisagent également avec beaucoup d'angoisse une dévitalisation économique éventuelle du centre-ville<sup>29</sup>. L'industrie automobile, sur le point de se poser en champion national à la fois en termes de valeur économique produite, de matières premières consommées et de salaires versés, a aussi ses propres raisons de s'inquiéter, d'autant plus que juste avant la fin de l'année 1923 les ventes ont commencé à baisser pour la première fois, et l'année suivante les concessionnaires à travers le pays annoncent une chute de 12% par rapport à l'année précédente<sup>30</sup>. Ce lien entre la voiture et l'argent concerne aussi d'autres acteurs importants de l'époque, à commencer par le gouvernement fédéral, qui voit en la

---

<sup>24</sup> Sur le « National Safety Council », voir J.W. Eastman, *Styling vs. Safety. The American Automobile Industry and the Development of Automotive Safety, 1900-1966*, Laham & New York, University Press of America, 1984.

<sup>25</sup> M. McClintock, *Street Traffic Control*, *op. cit.*, p. 6-7.

<sup>26</sup> Guides to Traffic Safety (approved by the Fourth National Conference, Washington, May 23-25, 1934), *op. cit.*, « Forward ».

<sup>27</sup> Sur cette question, voir surtout Robert M. Fogelson, *Downtown: its Rise and Fall, 1880-1950*, New Haven, Yale University Press, 2001.

<sup>28</sup> Voir la bibliographie relative au sujet dans M. L. Berger, *The Automobile in American History and Culture. A Reference Guide*, *op. cit.*

<sup>29</sup> Blaine A. Brownell, « Urban Planning, the Planning Profession, and the Motor Vehicle in Early Twentieth-century America », dans Gordon E. Cherry (éd.), *Shaping an Urban World*, New York, St. Martin's Press, 1980, p. 59-77 (p. 69-72) ; Jeffrey Brown, « From Traffic Regulation to Limited Ways : The Effort to Build a Science of Transportation Planning », *Journal of Planning History*, vol. 5, n° 1, 2006, p. 3-34 (p. 11).

<sup>30</sup> P. D. Norton, *The Dawn of the Motor Age in the American City*, *op. cit.*, p. 153.

congestion une maladie économique à traiter impérativement et dont on essaie d'évaluer le coût économique pour le pays entier dès les années 1920<sup>31</sup>. Et comme la voiture est une arme qui tue massivement, des acteurs connus pour leur habitude de lire la perte des vies humaines à l'aide du langage froid de chiffres, les assureurs, s'inquiètent aussi sérieusement des primes à verser<sup>32</sup>.

Moins de congestion, plus de sécurité. Dans les années 1920, toute une série d'acteurs – des commerçants localisés dans les centre-ville et organisés au sein de chambres de commerce puissantes, des conducteurs formant des clubs automobiles, les producteurs et vendeurs de voitures, les responsables des transports collectifs, les assureurs, des hommes politiques et des gestionnaires urbains, des réformateurs sociaux militant pour un meilleur cadre urbain, de simples citoyens en leur qualité de piéton ou de parent enfin – sont interpellés par la voiture et ses effets sur la vie urbaine. Certes, les intérêts en jeu sont divers ; la nature précise et l'intensité des inquiétudes ainsi que les raisons qui les alimentent diffèrent grandement d'un groupe à l'autre. Il n'empêche, les années 1920 sont habitées par le sentiment de l'urgence et l'appel à une action énergique contre les deux fléaux<sup>33</sup>. Or, le « besoin que nous avons des choses ne peut pas faire qu'elles soient telles ou telles et, par conséquent, ce n'est pas ce besoin qui peut les tirer du néant et leur conférer l'être »<sup>34</sup>, prévenait le sociologue il y a plus d'un siècle. La transformation du subi, ici la congestion et l'accident, en problème à résoudre à l'aide de programmes d'action au contenu précis nécessite des acteurs, qui se constituent souvent dans le cours de l'action, capables de produire les réponses recherchées aux problèmes éprouvés par le corps social. Quel programme d'action alors au juste ? Et qui va l'entreprendre ?

---

<sup>31</sup> On annonce alors une perte de deux milliards de dollars annuellement pour l'ensemble de l'économie nationale pour cause d'infrastructures inadéquates (*Report of the Committee on Measures for the Relief of Traffic Congestion*, Washington D.C., May 27-29 1930, p. 18), même si on reconnaît qu'il est très difficile à établir une base scientifique solide pour effectuer ce type de calcul (National Conference on Street and Highway Safety, *Report of the Committee on Metropolitan Traffic Facilities*, Washington D.C., 5 mars 1926, p. 13).

<sup>32</sup> Voir en particulier: H.J. Loman, "Automobile Insurance", *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 161, mai 1932, p. 85.

<sup>33</sup> Donnons ici deux exemples de manifestations d'envergure nationale à travers lesquelles tous les acteurs mentionnés s'expriment au sujet de la voiture et de ses effets : les deux numéros des *Annals of the American Academy of Political and Social Science* consacrés à la question de l'automobile : "The Automobile: Its Province and its Problems", numéro spécial, vol. 116, novembre 1924; "Planning for City Traffic", numéro special, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 133, septembre 1927 ; et, surtout, les « National Conferences on Street and Highway Safety » qui ont eu lieu en 1924, 1926, 1930 et 1934.

<sup>34</sup> Emile Durkheim, *Les règles de la méthode sociologique* (1894), Paris, Flammarion, 1988, p. 183.

## Les acteurs

La croyance en l'efficacité de la science pour résoudre toutes sortes de problèmes, sociaux y compris, au bénéfice de toutes les parties impliquées, en faveur du plus grand nombre du moins – « the greatest good for the greatest number » selon un ingénieur de l'époque spécialisé dans les transports<sup>35</sup> –, est un legs durable à la société américaine de la période connue sous le nom de « Progressive Era » (1895-1920)<sup>36</sup>. C'est ainsi vers la science qu'une nation gravement préoccupée par les problèmes dus à l'irruption de la voiture dans la ville va se tourner. Il s'agit ni plus ni moins de créer une nouvelle science, celle du « traffic engineering », qu'on charge du « two-fold purpose of facilitating movement and avoiding accident » justement, car l'optimisme veut que « rapidity of movement, properly regulated, is not incompatible with a large degree of safety »<sup>37</sup>. Après tout, on a créé il n'y a pas si longtemps la science du « Scientific Management »<sup>38</sup>, auquel les tenants de la nouvelle science du trafic n'hésitent pas à se référer de façon explicite<sup>39</sup>. Et n'oublions pas que d'autres ingénieurs et hommes d'action essaient à la même époque d'améliorer le fonctionnement de la « machine urbaine » en général, en militant sous la bannière d'un mouvement connu sous le nom de « City Practical » ou « City Functionnal »<sup>40</sup>. L'atmosphère

---

<sup>35</sup> Logan Waller Page (Director), « Salutatory », *Public Roads*, vol. 1, n° 1, 1918, p. 3.

<sup>36</sup> Sur la « Progressive Era », voir: Price Fishback, « The Progressive Era », dans Price Fishback et al., *Government and the American Economy: A New History*, Chicago, The University of Chicago Press, 2007, p. 288-322; Maureen Flanagan, *America Reformed: Progressives and Progressivisms, 1890s-1920s*, New York, Oxford University Press, 2006.

<sup>37</sup> La première citation est tirée de Nelson P. Lewis, « Planning of Streets and Street Systems », dans Arthur H. Blanchard (Editor-in-Chief), *Highway Engineers' Handbook*, New York: John Wiley & Sons, London: Chapman & Hall, 1919, p. 363-418 (p. 399). La seconde est due à M. McClintock, *Street Traffic Control*, *op. cit.*, p. 9.

<sup>38</sup> Même s'il date des années 1960, le livre de Samuel Haber, *Efficiency and Uplift: Scientific Management and the Progressive Era, 1890-1920*, Chicago, University of Chicago Press, 1964, reste probablement l'une des meilleures études sur ce sujet.

<sup>39</sup> A.G. Straetz, « Scientific Management as a Guide in Traffic Planning », *American City*, vol. 32, mai 1925; C.A. Copper, « The Economic Life of the City in Relation to Street Traffic », *AERA*, septembre 1925, p. 193-200 ; John Fairfield, « The Scientific Management of Urban Space », *Journal of Urban History*, vol. 20, février 1994, p. 179-204 ; *Id.*, *Mysteries of the Great City: The Politics of Urban Design, 1877-1937*, Columbus, Ohio State University Press, 1993, ch. 4 ; C. McShane, « The Origins and Globalization of Traffic Control Signals », *op. cit.*, p. 390 ; P. D. Norton, *The Dawn of the Motor Age in the American City*, *op. cit.*, p. 112-114.

<sup>40</sup> Jon A. Peterson, *The Birth of City Planning in the United States, 1840-1917*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 2003 ; Stanley Schultz, *Constructing Urban Culture: American Cities and City Planning, 1800-1920*, Philadelphie, Temple University Press, 1989 ; Mel Scott, *American City Planning since 1890*, Chicago, American Planning Association, 1969 ; Daniel Baldwin Hess, « Transportation Beautiful : Did the City Beautiful Improve Urban Transportation ? », *Journal of Urban History*, vol. 32, n° 4, 2006, p. 511-545 ; Donald A. Krueckeberg (éd.), *The American Planner: Biographies and Recollections*, New Brunswick (N.J.), Center for

idéologique de l'époque, imprégnée de la croyance largement partagée en l'efficacité de la science, est propice au développement de la nouvelle discipline du « traffic engineering ». Tout aussi favorable à la formation du nouveau champ est le contexte professionnel de la période. La nouvelle science du trafic que plusieurs acteurs appellent de leurs vœux n'aura pas beaucoup des difficultés pour recruter des serviteurs de qualité.

Plus que jamais depuis sa fondation, les Etats-Unis sont, dans la période de l'entre-deux-guerres, une nation d'ingénieurs<sup>41</sup>. Déclenchées à la fin du XIXe siècle, plusieurs évolutions concernant tant le secteur privé que les différentes instances de gouvernement – Etat fédéral, Etats fédérés, municipalités – conjuguent leurs effets pour créer une demande croissante d'experts en général, dont des hommes versés dans les arts techniques<sup>42</sup>. Alors qu'entre 1880 et 1900, le nombre des ingénieurs américains est passé de 7000 à 38000, leur population atteignait les 216 000 en 1930 et les 297 000 en 1940<sup>43</sup>. Alors qu'en 1880, seulement 226 jeunes américains avaient reçu le titre de l'ingénieur d'un établissement spécialisé, autour de l'année 1930, plusieurs universités proposaient sur le marché du travail quelque 11000 diplômés par an<sup>44</sup>, non sans avoir régulièrement élevé le niveau des études offertes. Certains établissements ont même institué des formations doctorales afin de satisfaire la nouvelle demande en recherche exprimée à la fois par le système universitaire et les grandes organisations, privées et publiques<sup>45</sup>. Il serait vraiment étonnant que toutes ces évolutions

---

Urban Policy Research, 1994 (1er éd. 1983), en particulier le texte introductif de D. A. Krueckeberg, "The American Planner: A New Introduction", in *ibid.*, p. 1-35.

<sup>41</sup> Terry S. Reynolds, « The Engineer in 20th-Century America », dans Terry S. Reynolds (éd.), *The Engineer in America: A Historical Anthology from Technology and Culture*, Chicago, The University of Chicago Press, 1991, p. 169-190; David F. Noble, *Science, Technology and the Rise of Corporate Capitalism*, Oxford, Oxford University Press, 1979.

<sup>42</sup> Alfred D. Chandler, Jr., *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1977 ; Glenn Porter, *The Rise of Big Business, 1860-1920*, Wheeling (Illinois), Harlan Davidson, 2006 (3e éd.) ; Mark Guglielmo et Werner Troesken, "The Gilded Age", dans P. Fishback *et al.*, *Government and the American Economy. A New History*, *op. cit.*, p. 255-287; Gary D. Libecap, "The Federal Bureaucracy: From Patronage to Civil Service", dans P. Fishback *et al.*, *Government and the American Economy: A New History*, *op. cit.*, p.364-383; Harrison G. Otis, « The City Manager Movement – Facts and Figures », *American City*, vol. 20, juin 1919, p. 611-61; Bradley Robert Rice, *Progressive Cities : The Commission Government Movement in American, 1901-1920*, Austin, University of Texas Press, 1977.

<sup>43</sup> U.S. Department of Commerce, *Historical Statistics of the United States : Colonial Times to 1970*, Washington, D.C., 1975, Part I, p. 140.

<sup>44</sup> W. Bernard Carlson, « Academic Entrepreneurship and Engineering Education: Dugald C. Jackson and the MIT-GE Cooperative Engineering Course, 1907-1932 », dans T.S. Reynolds (éd.), *The Engineer in America: A Historical Anthology from Technology and Culture*, *op. cit.*, p. 367-398 (p. 367-369, en particulier).

<sup>45</sup> Bruce Seely, « The Scientific Mystique in Engineering: Highway Research at the Bureau of Public Roads, 1918-1940 », dans T.S. Reynolds (éd.), *The Engineer in America: A Historical Anthology from Technology and Culture*, *op. cit.*, p. 309-342. Sur la formation des ingénieurs aux Etats-Unis dans les années 1920, voir: Society

n'affectent pas l'organisation de la profession. Celle-ci était déjà forte au XIXe siècle d'un certain nombre de grandes associations. Ainsi en 1899, on enregistrait neuf associations majeures à travers le pays, dont l'« American Society of Civil Engineers », fondée en 1852; elles sont au nombre de 28 en 1949<sup>46</sup> ; toutes organisent des rencontres régulières débouchant le plus souvent sur des volumineux *Proceedings* et publient aussi, pour la plupart d'entre-elles, leur propre journal<sup>47</sup>.

Apparition des nouveaux « gros » employeurs, publics et privés, augmentation des effectifs, « scolarisation » de la formation et développement de la recherche, création d'associations professionnelles dotées de leurs supports de publication... comme on le verra la figure du « traffic engineer », vers lequel on va se tourner se lit à plusieurs égards comme une micrographie de la grande fresque que nous venons de peindre au sujet de la profession de l'ingénieur aux Etats-Unis.

Ce sont des acteurs privés qui seront les premiers employeurs des ingénieurs du trafic. A partir du milieu des années 1910, et tout au long des années 1920, des chambres de commerce, des clubs et concessionnaires automobiles, des compagnies de transports collectifs, des compagnies d'assurances, tous ces acteurs dont les intérêts sont menacés par la congestion et la question de sécurité, financent des nombreuses enquêtes de trafic dans l'espoir de mieux comprendre les origines des problèmes pour les éradiquer. Des plans célèbres, comme le « Traffic Street Plan » de 1924 pour la ville de Los Angeles<sup>48</sup>, seront le

---

for the Promotion of Engineering Education, *Report of the Investigation of Engineering Education, 1923-1929*, 2 volumes, Pittsburgh, University of Pittsburgh, 1930; Bruce Seely, "The 'Imbalance' of Theory and Practice in American Engineering Education. Reforms and Changes, 1920-1980", *ICON*, vol. 5, 1999, p. 40-63.

<sup>46</sup> Nos calculs a partir de données trouvées dans: William G. Rothstein, « Engineers and the Functionalist Model of Professions », dans Robert Perrucci et Joel E. Gerstl (éd.), *The Engineers and the Social System*, John Wiley&Sons, New York, 1969, p. 76.

<sup>47</sup> Edwin T. Layton, Jr., *The Revolt of the Enginneers : Social Responsibility and the American Engineering*, Baltimore, The John Hopkins University, 1986 (1er éd. 1971); Peter Meiskins, « The Revolt of the Engineers Reconsidered », *Technology and Culture*, vol. 29, n° 2, 1988; William H. Wisely, *The American Civil Engineer, 1852-1974: The History, Traditions and Development of the American Society of Civil Engineers*, New York, 1974 ; Richard M. Levy, "The Professionalization of American Architects and Civil Engineers, 1865-1917", Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley, 1980; Bruce Sinclair, *A Centennial History of the American Society of Mechanical Engineers*, Toronto, University of Toronto Press, 1980 ; Terry S. Reynolds, *75 Years of Progress – A History of the American Institute of Chemical Engineers*, New York, AIChE, 1983 ; A. Michal McMahon, *The Making of a Profession : A Century of Electrical Engineering in America*, New York, IEEE Press, 1984.

<sup>48</sup> Frederick Law Olmsted, Harland Bartholomew et Charles H. Cheney, *A Major Traffic Street Plan for Los Angeles, prepared for the Committee on Los Angeles Plan of Major Highways of the Traffic Commission of the City and County of Los Angeles*, Los Angeles, 1924. Pour une bibliographie exhaustive sur ces travaux, voir: The Erskine Bureau for Street Traffic Research, *Street Traffic Bibliography. A selected and annotated*

produit de ces initiatives. A coté de ces acteurs, locaux car attachés chaque fois à une ville ou une région particulière, opèrent aussi pendant cette période des acteurs privés de stature nationale, comme la « National Automobile Chamber of Commerce », l'« Automobile Manufacturers Association », the « Automative Safety Foundation », et le monde des assurances, par l'intermédiaire de ses membres individuels, tel que le « Metropolitan Life Insurance Company »<sup>49</sup>, ou *via* ses expressions collectives, comme l'« Accident Prevention Department de la Association of Casualty and Surety Companies ». L'expertise de ces acteurs dans le domaine du « traffic engineering » est telle que plusieurs manuels relatifs aux enquêtes du trafic dans les années trente émanent de leurs activités<sup>50</sup>. Même l'Etat fédéral va se tourner vers eux pour l'écriture d'un de premiers guides en la matière, intitulé *Engineering Manual for Traffic Surveys*<sup>51</sup>.

A l'origine de différents programmes d'action contre la congestion et les accidents liés à l'automobile, le secteur privé devient ainsi un grand employeur pour la nouvelle figure du « traffic engineer », qui apprend et développe son métier grâce à son implication dans ces programmes. L'ingénieur du trafic peut travailler alors comme employé dans les différents « traffic divisions » mises en place par ces acteurs, à l'instar d'un Burton W. March (1898-1988), l'un des hommes les plus influents au sein de la naissante communauté de « traffic engineers », qui a servi depuis 1933 et pour une période de trente ans comme « Director of Safety and Traffic Engineering Department » de l'« American Automobile Association ». Mais il peut aussi vendre ses services au secteur privé en tant que consultant – en emboîtant ici le pas à une autre figure professionnelle qui émerge durant la même époque, le « city

---

*bibliography of the literature of street traffic control and related subjects 1920-1933, prepared and published under a grant of the Harvard University Committee for Research in the Social Sciences from the funds of the Rockefeller Foundation, Cambridge (Mass.), 1933.*

<sup>49</sup> *The Metropolitan Life Insurance Company, its History, its Present Position in the Insurance World, its Home Office Building and its Work Carried on Therein*, New York, The Metropolitan Life Insurance Company, 1914.

<sup>50</sup> Metropolitan Life Insurance Company. Policyholders' Service Bureau, *Organizing for a Traffic Survey*, New York, 1932 ; Metropolitan Life Insurance Company. Safety Section, Welfare Division, *Studing the Movement of Vehicles*, New York, 1933; Association of Casualty and Surety Compagnies. Accident Prevention Department, *Traffic Survey Manual*, National Conversation Bureau, a Division of Association of Casualty and Surety Executives, New York, 1939 (1er éd. 1937). Sur l'action de ces organisations en matière de sécurité, voir aussi Patrice Bardet et Steve Bernardin, *Statistiques et expertises de la securite routiere. Une comparaison France-Etats-Unis*, Rapport pour le Predit 3 (Groupe GO3), Lyon, Avril 2006, chapitres 1 et 2.

<sup>51</sup> Sidney J. Williams et Peter J. Stupka (dir.), *Engineering Manual for Traffic Surveys. A Manual Covering the Method of Organizing and Conducting Each of Several Important Studies of a Traffic Survey, Including Field and Office Forms and Detailed Instructions for their Use*, Federal Emergency Relief Administration, Washington, D.C., mars 1934.



planner »<sup>52</sup>. Les premiers bureaux d'études spécialisés dans la question du trafic apparaissent ainsi dans les années 1920, à l'instar de la firme « Harland Bartolomew et Associates », fondée en 1919 à Saint-Louis par Harland Bartholomew (1889-1989), rachetée par un géant économique, la « Parsons Corporation »<sup>53</sup>, en 1984<sup>54</sup>. L'année 1919 verra aussi la naissance, à Chicago cette fois, d'un autre bureau d'études important, « Kelker, De Leuw & Company », devenu, en 1930, « De Leuw, Cather & Company » et racheté par la « Parsons Corporation » en 1977. Plusieurs de ces bureaux vont traverser la Seconde Guerre mondiale et participer à l'aventure de la modélisation des déplacements urbains (c'est le cas notamment de « De Leuw, Cather & Company »)<sup>55</sup>.

A côté du secteur privé, et durant la même période, municipalités, Etats fédérés et Etat fédéral, loin de se cantonner au rôle de spectateurs ou de simples accompagnateurs d'initiatives émanant du secteur privé, vont participer, avec une intensité qui ira croissante, à la création de la nouvelle science du trafic et à la confection de la figure originale du « traffic engineer ». D'après plusieurs témoignages de l'époque, c'est un certain Burton W. March qui s'est vu attribué officiellement le titre de « City Traffic Engineer » pour la première fois en 1924<sup>56</sup>. Vers 1928, une douzaine de villes avaient déjà fait appel à cette nouvelle figure professionnelle<sup>57</sup>, alors que quelque vingt-cinq ans plus tard, on pouvait dénombrer plus de quatre-vingt villes et une dizaine de « counties » employant des « traffic engineers » ou

---

<sup>52</sup> Sur la figure du consultant dans le domaine de la planification urbaine dans les premières décennies du XXe siècle voir: Norman J. Johnston, « Harland Bartolomew : Precedent for the Profession », dans D. A. Krueckeborg (éd.), *The American Planner : Biographies and Recollections*, op. cit., p. 217-241 ( p. 211-223 notamment).

<sup>53</sup> Voir : <http://www.parsons.com/pages/default.aspx> ; <http://www.answers.com/topic/parsons-corporation> (10 mars 2013).

<sup>54</sup> Sur Harland Bartolomew, voir, entre autres : N. J. Johnston, « Harland Bartolomew : Precedent for the Profession », op. cit. ; Joseph Heathcott, «The Whole City is our Laboratory: Harland Bartolomew and the Production of Urban Knowledge», *Journal of Planning History*, vol. 4, n° 4, 2005, p. 322-355. Les archives de la firme se trouvent à la Librairie de « Washington University a Saint-Louis »:

[http://library.wustl.edu/units/spec/archives/guides/bysubject\\_stlouis/hba.html](http://library.wustl.edu/units/spec/archives/guides/bysubject_stlouis/hba.html) (10 mars 2013).

<sup>55</sup> Pour des notices biographiques sur plusieurs « traffic engineers » de l'entre-deux-guerres, voir : The Erskine Bureau for Street Traffic Research, *A selected and annotated bibliography of the literature of street traffic control and related subjects 1920-1933*, op. cit. ; Institute of Transportation Engineers, *Pioneers of Transportation*, Washington, D.C., Institute of Transportation Engineers, février 2011.

<sup>56</sup> Theodore M. Matson, Wilbur S. Smith et Frederick W. Hurd, *Traffic Engineering*, New York, McGraw-Hill Book Company, 1955, p. 559; Henry K. Evans (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, op. cit., p. XII. D'après d'autres témoignages, c'est un certain Harry Neal qui a reçu le premier explicitement le titre de «traffic engineer» quand il est nommé « Ohio State Traffic Engineer » en 1921 (Voir Fred Kaiser, P.E, « Ohio, the 'Start' of it all » (<http://www.ohioite.org/history.htm> : 13 mars 2013).

<sup>57</sup> C. MaShane, «The Origins and Globalization of Traffic Control Signals», op. cit., p. 393.

disposant de « traffic engineering divisions »<sup>58</sup>. Etats fédérés et Etat fédéral vont s'illustrer aussi comme des grands consommateurs de cette nouvelle figure d'ingénieur.

C'est par l'intermédiaire du « Bureau of Public Roads » (BPR) que le « traffic engineer » devient fonctionnaire de l'Administration fédérale<sup>59</sup>. Très modeste à ses origines, le Bureau monte en puissance grâce à l'automobile, dont la part, tous genres confondus, dans le trafic total sur le réseau autoroutier du pays ne cesse d'augmenter à partir des années 1910<sup>60</sup>. Or les routes en place n'étaient pas conçues pour ce nouveau moyen de locomotion, et leurs chaussées souffrent beaucoup du passage des camions. C'est dans ce contexte qu'est voté, en 1916, un « Federal-Aid Road Act », première intervention systématique et à grande échelle du gouvernement fédéral dans la construction du réseau autoroutier de la nation, qui est de la compétence des Etats. Selon les termes de l'Act, ces derniers peuvent bénéficier d'un financement fédéral pour un programme pluriannuel de construction de nouvelles autoroutes adaptées à la nouvelle ère, à condition qu'ils respectent une série de standards techniques, fixés justement par le « Bureau of Public Roads ». Les Etats se trouvent en même temps dans l'obligation de disposer en leur sein d'un « State Highway Department » (on rencontre différentes appellations). Alors qu'au moment du vote de l'Act, seulement trente Etats avaient déjà institué un tel Département, ils sont quarante-huit à en avoir un trois ans plus tard<sup>61</sup>. Fondée en 1914, l'« American Association of State Highway Officials » (AASHO) – aujourd'hui appelée AASHTO : « American Association of State Highway and Transportation Officials » – monte aussi en puissance suite au « 1916 Act »: en 1922 tous les Etats de la fédération sont représentés en son sein<sup>62</sup>. A partir de cette époque un partenariat, sous la tutelle du « Bureau of Public Roads » (BPR), est établi dans le domaine des « Highways » entre l'Etat fédéral, représenté par le BPR, et les Etats fédérés, représentés par l'AASHO. Cette tutelle est essentiellement intellectuelle car très vite ces sont les « State Highway

---

<sup>58</sup> H. K. Evans (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, op. cit., p. xiii. On trouve dans Maxwell Halsey, *Traffic Accidents and Congestion*, New York : John Wiley&Sons ; Londres : Chapman&Hall, 1941, p. 362-390, une liste nominative des « traffic engineers » employés par les villes et les Etats fédérés.

<sup>59</sup> A l'époque, l'appellation du BPR était : « Office of Road Inquiry ». L'institution va changer de nom à plusieurs reprises. Elle sera toujours désignée dans ce document sous le nom de « Bureau of Public Roads », sauf évidemment quand nous citons des documents de l'époque. Sur le « Bureau of Public Roads », voir en premier lieu le livre de Bruce E. Seely, *Building the American Highway System: Engineers as Policy Makers*, Philadelphie, Temple University Press, 1987.

<sup>60</sup> Voir par exemple : Highway Research Board, *Ideas & Actions : A History of the Highway Research Board*, Washington, D.C., Highway Research Board, 1970, ch. 1; Thomas L. Karnes, *Asphalt and Politics. A History of the American Highway System*, Jefferson (North Carolina), McFarland&Company, 2009.

<sup>61</sup> Highway Research Board, *Ideas & Actions : A History of the Highway Research Board*, op. cit., p. 6.

<sup>62</sup> *Ibid.*, p. 5.

Departments » qui deviennent les plus grands consommateurs d'ingénieurs. Parmi ces derniers, plusieurs sont spécialisés dans le « traffic engineering » et font des Etats fédérés, au moment où la Seconde guerre mondiale éclate, le plus grand employeur d'ingénieurs du trafic dans le pays : sur les quelques 580 personnes figurant sur une liste nominative d'ingénieurs du trafic employés par les villes et l'Administration (fédérale et celle des Etats), près de 40% travaillent au sein des « State Highway Departments »<sup>63</sup>.

Grossissant avec le temps – en juin 1931 le « Bureau of Public Roads » emploie 523 ingénieurs<sup>64</sup> –, doté au seuil des années 1920 d'un budget « recherche » qui fait à lui seul presque jeu égal avec le budget équivalent de tous les « State Highway Departments » d'un côté, la somme de l'argent dépensée pour la recherche en matière d'autoroutes par toutes les universités et écoles d'ingénieurs à travers le territoire national, de l'autre<sup>65</sup>, le « Bureau of Public Roads » émerge, à partir des années 1920, comme l'acteur de loin le plus important en termes d'expertise technique parmi tous ceux qui s'affairent autour du système autoroutier du pays. Et il le sait. En témoigne le passage suivant qui figure en mai 1918 dans le premier numéro de la revue mensuelle du Bureau, *Public Roads*, sous la plume du chef de l'institution et directeur de la publication : « It is not the desire of this Office from its position as a Federal institution to pose through the pages of this publication as a dictator in respect to highway affairs, nor as mentor or a pedagogue, but rather to give, through the superior facilities at its disposition through the Federal Government, the best of the results of its researches, studies and efforts periodically (...) »<sup>66</sup>. Le succès de *Public Roads*, belle revue au grand format, dotée d'une riche iconographie, gratuitement distribuée à un grand nombre d'acteurs ou vendue au prix modeste de dix cents le numéro<sup>67</sup>, a été tel que, quelques années plus tard, en 1922, l'« American Association of State Highway Officials » lance sa propre, et plus modeste, revue intitulée « American Highways ».

Il serait vraiment étonnant que la demande croissante en experts ès trafic que l'on enregistre à partir des années 1920 tant du côté du secteur privé que du pôle public laisse indifférent le

---

<sup>63</sup> Nos calculs à partir de la liste nominative trouvée dans M. Halsey, *Traffic Accidents and Congestion*, *op. cit.*, p. 362-390.

<sup>64</sup> Theodore Jesse Hoover et John Charles Lounsbury Fish, *The Engineering Profession*, Stanford, Stanford University Press, 1941, p. 378.

<sup>65</sup> Highway Research Board, *Ideas & Actions : A History of the Highway Research Board*, *op. cit.*, p. 9 et p. 181.

<sup>66</sup> Logan Waller Page (Director), «Salutatory», *Public Roads*, vol. 1, n° 1, mai 1918, p. 3.

<sup>67</sup> *Public Roads*, vol. 6, n° 11, 1926; *Public Roads*, vol. 23, n° 4, 1942.

système académique. Au début de la décennie, une douzaine de séances dans le cadre d'un cours dédié à la question du « Highway Transport » à l'« University of Pittsburgh » portent sur le « traffic engineering ». Grâce à un bilan effectué en 1941, on apprend que des cours semestriels en science du trafic font partie désormais du cursus de sept universités au moins dont le « Massachusetts Institute of Technology », alors qu'une autre série d'établissements avait incorporé des éléments de la nouvelle discipline dans les cours de « Highway engineering », « Transportation engineering » et « City Planning ». Des conférences de trois ou quatre jours consacrés à la science du trafic font aussi partie du paysage éducationnel<sup>68</sup>. Dans ce maquis de cours, un cursus et une institution sortent largement du lot, le programme postuniversitaire (« graduate »), étalé sur un an, du « Bureau for Street Traffic Research ». Créé quatre ans après l'établissement par William Phelps Eno (1858-1945), en 1921, de la fondation « Eno Foundation for Highway Traffic Control », connu aujourd'hui comme « Eno Transportation Foundation »<sup>69</sup>, le Bureau va très vite devenir, et rester pendant plus d'un quart de siècle, l'institution universitaire de référence dans le domaine du « traffic engineering ».

C'est le secteur privé qui se trouve à l'origine de la nouvelle institution, c'est le même secteur privé qui va assurer l'essentiel de son fonctionnement. Pendant l'été 1925, Albert Russel Erskine, le président de la compagnie automobile «Studebaker»<sup>70</sup>, fonde l'« Albert Russel Erskine Bureau for Street Traffic Research », un organisme chargé de la double mission de conduire des projets de recherche et de former des professionnels dans le domaine du « traffic engineering »<sup>71</sup>. Miller McClintock (1895-1860) en est nommé directeur<sup>72</sup>. Après une thèse de master sur «The Classical and Medieval Origins of the Character of Diomedes as He Appears in Chaucer's *Troilus and Cressida*», McClintock est le premier Ph.D. ès science du trafic aux Etats-Unis, grâce à une thèse obtenue en 1924 à Harvard dans le cadre d'une formation

---

<sup>68</sup> Roger L. Morrison (Chairman), «Traffic Engineering Training, Report of Committee», dans Institute of Traffic Engineers, *1941 Proceedings*, p. 161-164 (p. 161-162 notamment).

<sup>69</sup> John A. Montgomery, *Eno – the Man and the Foundation : A Chronicle of Transportation*, Westport, Eno Foundation for Transportation, 1988.

<sup>70</sup> Donald T. Critchlow, *Studebaker: the Life and Death of an American Corporation*, Bloomington, Indiana University Press, 1996.

<sup>71</sup> Sur la naissance du «Bureau», voir P.D. Norton, *The Dawn of the Motor Age in the American City*, *op. cit.*, p. 163-166.

<sup>72</sup> Sur McClintock, voir : Thomas Sugrue, « Miller McClintock », *Scribner's Magazine*, 102, décembre 1937, 9-13 ; *The National Cyclopaedia of American Biography*, vol. 44, 1962, 14-15 ; Institute of Transportation Engineers, *Pioneers of Transportation*, *op. cit.*, p. 17.

doctorale portant sur le gouvernement municipal<sup>73</sup>. A peine installé à Los Angeles, le Bureau change, en 1926, la côte-Est pour la côte-Ouest et atterrit à Harvard. Douze ans plus tard, il déménage de nouveau, en direction de « Yale University » cette fois. En juillet 1968, l'institution, qui avait été entre temps rebaptisée "Bureau of Highway Traffic", s'installe à « Pennsylvania State University ». Financé à ses débuts pour son fonctionnement par Studebaker, par l'« Automative Safety Foundation » pour l'essentiel entre 1937 et 1968, le Bureau est depuis 1976 à court de sponsors privés et disparaît quelques années plus tard, en 1982, par manque de ressources financières. Non sans avoir formé plusieurs générations de « traffic engineers ». Une récente étude faite par des anciens élèves totalise 823 ingénieurs du trafic diplômés du Bureau pendant les cinquante-sept années de son existence<sup>74</sup>. Parmi ceux-ci, on compte, on le verra dans les chapitres suivants, une série de modélisateurs célèbres dans le domaine de déplacements urbains<sup>75</sup>.

Tout en restant pendant tout l'entre-deux-guerres, et jusqu'au début des années 1950, l'acteur central au sein du monde académique dans le domaine du « traffic engineering », très vite, le « Bureau for Street Traffic Research » fera partie d'un réseau d'acteurs plus large, formé dans le but explicite de promouvoir la recherche et de tirer partie de ses retombées pratiques dans le domaine du « highway engineering » en général, du « traffic engineering » en particulier.

L'arrivée, en mai 1919, à la tête du « Bureau of Public Roads » de Thomas Harris MacDonald (1881-1957)<sup>76</sup>, qui va présider aux destinées de cette institution pendant 34 ans, servant ainsi sept Présidents, jouera un rôle décisif dans la constitution de ce réseau. Non content de renforcer le potentiel de recherche au sein de sa propre administration, MacDonald va participer en effet activement à la création, tout en étant pendant des nombreuses années son

---

<sup>73</sup> Du point de vue formel, la thèse de McClintock relève du domaine de "Public Administration". Intitulée *The Street Traffic Problem*, elle peut être consultée aux « Harvard University Archives ».

<sup>74</sup> Woodrow W. Rankin, *Bureau of Highway Traffic: History, 1925-1982*, Bureau of Highway Traffic Alumni Association, 1997.

<sup>75</sup> Sur le "Bureau", son organisation, le personnel et l'enseignement qu'il offre jusqu'aux années 1950: *The Current Program of the Bureau For Street Traffic Research*, Harvard University, Cambridge Massachusetts, novembre 1936 ; Bureau for Street Traffic Research, Yale University, *Graduate Training Program Outline of Courses – 1939-1940*, New Haven, Connecticut, septembre, 1939; M. Halsey, *Training Traffic Engineers, Origins and Functions of the Bureau for Street Traffic Research*, Yale University (Reprinted from Yale Scientific Management, Winter Issue, 1939) ; M. Halsey, *Traffic Accidents and Congestion*, *op. cit.*; T. M. Matson, W. S. Smith et F. W. Hurd, *Traffic Engineering*, *op. cit.*

<sup>76</sup> Un bref portrait de MacDonald se trouve dans : Institute of Transportation Engineers, *Pioneers of Transportation*, *op. cit.*, p. 16. Voir aussi : Earl Swift, *The Big Roads: The Untold Stories of the Engineers, Visionaries, and Trailblazers Who Created the American Superhighways*, New York, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2011.

principal bailleur de fond, du « Highway Research Board » (HRB), un autre acteur majeur de notre récit. La guerre est souvent un bon ami de la science<sup>77</sup>, et la première guerre mondiale ne déroge pas à cette règle. Son déclenchement s'est traduit, entre autres, pour les Etats-Unis par la création du « National Research Council » (NRC), émanation de la « National Academy of Science »<sup>78</sup>, fondée en 1863. Durant la période 1916-1918, le NRC offre ses services au gouvernement et survit à la fin des hostilités. En 1919, des membres de la « Division of Engineering » du NRC et MacDonald, suivi par des représentants des « State Highway Departments » suggèrent la création d'un "Committee on Highway Research», chargé « to coordinate and assist the highway research work now being conducted by the United States Bureau of Public Roads, by the State Highway Departments, by manufacturers, research departments, and commercial laboratories »<sup>79</sup>. Un an plus tard, le comité s'élargit de façon spectaculaire pour devenir l'"Advisory Board on Highway Research", en regroupant plusieurs acteurs, publics et privés, et dont la "Division of Engineering" du "National Research Council", le "Bureau of Public Roads", l'"American Association of State Highway Officials", la "National Automobile Chamber of Commerce", l'"American Society of Civil Engineers", l'"American Automobile Association"<sup>80</sup>, l'"American Society of Mechanical Engineers", la "Society of Automotive Engineers", ou l'"Eno Foundation"<sup>81</sup>. Son objectif est d'"assist in outlining a comprehensive national program of highway research and coordinate activities thereunder; organize committees for specific problems; deal with ways and means; and act in a general advisory capacity"<sup>82</sup>. Même dépourvu de moyens matériels pour conduire ses propres recherches, l'« Advisory Board on Highway Research », rebaptisé « Highway Research Board » en 1924/25, fort de plusieurs comités spécialisés – dont un « Committee on Highway Traffic Analysis », créé en 1922, particulièrement intéressant pour le sujet de notre

---

<sup>77</sup> Sur le thème : *La Recherche*, hors-série n° 7 : « La science et la guerre, 400 ans d'histoire partagée », avril/juin 2002.

<sup>78</sup> Sur la création et l'histoire de la "National Academy of Science" au XIXe siècle, voir Axel Jansen, *Alexander Dallas Bache: Building the American Nation through Science and Education in the Nineteenth Century*, New York, Campus, 2011.

<sup>79</sup> Highway Research Board, *Ideas & Actions : A History of the Highway Research Board*, *op. cit.*, p. 17-18.

<sup>80</sup> Sur cette institution, fondée en 1902, et qui, vers le milieu des années 1920, regroupait quelques 600000 automobilistes, voir Ernest N. Smith, « Services of the American Automobile Association », *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 116, novembre 1924, p. 269-274.

<sup>81</sup> Pour un historique détaillé de la création de l'« Advisory Board on Highway Research » et une liste complète des membres fondateurs, voir Highway Research Board, *Ideas & Actions : A History of the Highway Research Board*, *op. cit.*, ch. 2.

<sup>82</sup> *Ibid.*, p.29

recherche<sup>83</sup> –, va s'imposer progressivement comme un acteur majeur dans le champ de la recherche relative au système autoroutier, et plus récemment aux autres moyens de transports également, à la fois dans son rôle de coordinateur en matière de recherche mais aussi en devenant, pour le demeurer jusqu'à aujourd'hui, probablement le lieu central de diffusion des savoirs et savoir-faire dans le domaine des transports à travers rencontres et publications, à commencer par les fameux *Highway Research Board Proceedings*, qui paraissent sur une base annuelle à partir de 1921<sup>84</sup>.

Le lecteur aura amplement l'occasion de se faire par soi-même une idée précise de l'importance de cette organisation dans le développement de la modélisation des déplacements urbains tout au long de ce document. Laissons donc provisoirement le « Highway Research Board » pour présenter un autre acteur collectif important, dont la constitution progressive condense en quelque sorte plusieurs évolutions analysées dans les pages précédentes : l'« Institute of Traffic Engineers ».

Dans les années 1920, plusieurs éléments faisant partie du processus de création d'une nouvelle communauté professionnelle étaient déjà en place : le « traffic engineer » avait un nom et plusieurs employeurs potentiels ; il pouvait recevoir une formation académique dans un nombre, certes encore limité mais croissant, d'universités. Des revues spécialisées, comme l'organe du « Bureau of Public Roads », *Public Roads*, et les publications du « Highway Research Board », mais aussi généralistes, à l'instar des *Annals of the American Academy of Political and Social Science*<sup>85</sup>, accueillait sa prose<sup>86</sup>. Il lui manquait néanmoins ce qui constitue probablement le signe le plus emblématique d'une communauté professionnelle pleinement constituée<sup>87</sup> : une organisation professionnelle propre. Chose faite en octobre

---

<sup>83</sup> Pour une liste de différentes commissions et leur évolution jusqu'en 1970, voir *ibid.*, p. 203-205

<sup>84</sup> Pour une liste de publications régulières du « Highway Research Board » pour la période 1920-1970, voir *ibid.*, p. 201.

<sup>85</sup> Voir, par exemple : «The Automobile: Its Province and its Problems», numéro spécial, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, *op. cit.* ; «Planning for City Traffic», numéro special, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, *op. cit.*

<sup>86</sup> Le lecteur aura l'occasion de faire la connaissance d'autres revues de l'époque qui avait ouvert leurs colonnes à l'ingénieur du trafic.

<sup>87</sup> La littérature sur les professions atteint aujourd'hui les dimensions d'une industrie intellectuelle. Le manuel de Pierre Tripier, Claude Dubar et Valérie Boussard, *Sociologie des professions*, Paris, Armand Colin, 2011, dresse une carte utile de l'ensemble. Sur la création de la communauté professionnelle des « traffic engineers », voir aussi: Pierre Lannoy, « L'automobile comme objet de recherche (Chicago 1915-1940) », *Revue française de sociologie*, vol. 44, n° 3, 2003, p. 497-530 ; Jeffrey R. Brown, Eric A. Morris, Brian D. Taylor, « Planning for Cars in Cities : Planners, Engineers, and Freeways in the 20th Century », *Journal of the American Planning*

1930, avec la création de l'«Institute of Traffic Engineers» (ITE)<sup>88</sup>. La lecture de la liste de ses dix-neuf fondateurs montre que l'institution a été dès ses origines un microcosme de la communauté des ingénieurs du trafic. Tous les employeurs potentiels d'un « traffic engineer » y sont, en effet, présents, et il en va de même pour la branche recherche de la communauté ; Miller McClintock est nommé vice-président de l'association<sup>89</sup>. Une enquête publiée en 1959 montre que trente ans après sa création, l'institution se porte bien. Elle est forte de plus de 1200 membres dont 87% ont un diplôme universitaire, alors que presque la moitié d'entre eux (46%) ont entrepris un travail de spécialisation supplémentaire dans le domaine du « traffic engineering » après leur premier diplôme d'ingénieur. Deux autres éléments intéressants à retenir ici, même s'ils prendront leur sens plus loin dans cette recherche : la nouvelle profession entretient des relations très étroites avec la discipline du génie civil – 67% des membres de l' « Institute of Traffic Engineers » sont diplômés d'un département du génie civil – d'un côté, avec le secteur public, au sens large du terme, de l'autre, dans la mesure où 71% des ingénieurs du trafic sont employés à l'extrême fin des années 1950 par les Etats fédérés, les villes et l'Etat fédéral<sup>90</sup>.

L'augmentation des effectifs de l'« Institute of Traffic Engineers » (ITE) a rendu d'autant plus impérative la création de canaux de communication entre ses membres. Outre les *Proceedings* annuels, la communauté sera dotée très vite d'une presse périodique. Ainsi, en 1931, paraît le premier numéro du *Traffic Digest*, une revue mensuelle, remplacée, en mai 1933, par *Traffic Engineering*, l'ancêtre de la revue actuelle de l'Institution, *ITE Journal* (depuis 1978)<sup>91</sup>. Dès sa création, ITE renforce la liste des acteurs institutionnels associés aux travaux du « Highway Research Board », et plusieurs de ses membres peuplent les différents comités du Board. C'est ITE qui sera l'acteur central dans la production du premier manuel

---

*Association*, vol ; 75, n° 2, 2009, p. 161-177 ; Jeffrey Brown, « From Traffic Regulation to Limited Ways : The Effort to Build a Science of Transportation Planning », *op. ct.*

<sup>88</sup> Sur la création de l'«Institute of Traffic Engineers», voir «The Early Years: Establishing an Identity», *ITE Journal*, août 1980, p. 10-15

<sup>89</sup> Sur la liste des fondateurs, voir *ibid.*, p. 12.

<sup>90</sup> Informations tirées de : W.L. Carson, «Findings of ITE Membership Survey », dans Institute of Transportation Engineers, *1959 Proceedings*, p. 117-141 (p. 118-120). Les plus grands employeurs sont les «State Highway Departments» (32%) et les villes avec une population supérieure à 250000 (22%).

<sup>91</sup> Sur les revues de l'«Institute of Traffic Engineers», voir surtout « ITE Publications », *ITE Journal*, août 1980, p. 32-35.



d'ingénierie du trafic, le « Traffic Engineering Handbook » qui paraît en 1941 avant de connaître une seconde édition, en 1950, vendue en 3500 exemplaires en quelques mois<sup>92</sup>.

“Bureau of Public Roads”, “Highway Research Board”, “American Association of State Highway Officials”, “Institute of Traffic Engineers”, “Bureau for Street Traffic Research”, *Public Roads, Traffic Engineering, Highway Research Board Proceedings*, « Traffic Engineering Handbook » ... La période de l'entre-deux-guerres a été extrêmement riche à la fois en termes d'institutions et de lieux de production et de diffusion de savoirs et de savoir faire relatifs à la nouvelle science du trafic. Ce sont des individus appartenant à, et soutenus par, ces institutions, s'exprimant dans ces supports qui vont produire durant les années 1920-1940 une « proto-modélisation » des déplacements urbains, avant de participer massivement à l'aventure de ce champ de modélisation après guerre. Mais point de modélisation, et peut-être pas de proto-modélisation non plus, sans l'invention d'un dispositif matériel, qui va transformer les déplacements urbains en réalité modélisable, susceptible d'être saisie par les mathématiques : l'autoroute urbaine (« urban freeway »).

---

<sup>92</sup> Harold F. Hammond et Leslie J. Sorenson (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, New York, A joint Publication of Institute of Traffic Engineers and National Consultation Bureau, 1941 ; H.K. Evans (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, *op. cit.* Des informations intéressantes sur la confection du manuel se trouvent dans : “The Institute’s Handbook”, *ITE Journal*, août 1980, p. 34-35; “Postwar to the 70’s: Decades of Change”, *ITE Journal*, août 1980.

## De la rue encombrée et dangereuse au “safe and frictionless urban freeway”

Qu'est ce que la rue d'une (grande) ville américaine vers 1920, époque où la voiture a déjà commencé à faire sentir ses effets sur les réalités urbaines ? D'après les descriptions des contemporains, dont des ingénieurs du trafic, elle se présente comme une réalité somme toute assez chaotique, un lieu public habité par une multitude d'acteurs : des enfants qui jouent et des piétons qui se déplacent en toutes directions coexistent avec des chevaux<sup>93</sup>, des tramways électriques, des camions et des voitures en mouvement ou garés pêle-mêle selon le bon vouloir des conducteurs<sup>94</sup>. Comme les statistiques des accidents et la réalité de la congestion en témoignent, l'invasion des routes existantes par un nombre toujours croissant de voitures a fini par rompre cet équilibre déjà fragile. Nous avons vu que la nouvelle figure du « traffic engineer » cristallisait des demandes émanant des plusieurs acteurs urbains, aux intérêts et motivations différentes, pour la restauration d'un nouvel ordre. Lequel et par quels moyens ?

A en juger par les déclarations de plusieurs ingénieurs du trafic de la toute première génération, tels que le New-Yorkais Nelson P. Lewis (1856-1924)<sup>95</sup> et McClintock lui-même, au milieu des années 1920, on semble encore croire qu'en substituant « accurate facts of an engineering character for guesswork in the formulation of plans for the reduction of street friction and conflicts », les spécialistes seront capables de créer un « traffic control system making possible a safer and more convenient use of *existing facilities* [c'est moi qui souligne] »<sup>96</sup>. Les années 1920 peuvent enregistrer à leur actif, en effet, la mise en place à grande échelle d'une série de mesures et techniques de régulation, dont certaines sont toujours en usage, inventées pour tirer le maximum de profit, en termes de sécurité et de lutte contre la congestion, des infrastructures existantes. De nombreux nouveaux objets techniques sont ainsi

---

<sup>93</sup> Clay McShane et Joel Tarr, « The Decline of the Urban Horse in American Cities », *The Journal of Transport History*, vol. 24, n° 2, 2003, p. 177-198.

<sup>94</sup> P. D. Norton, *The Dawn of the Motor Age in the American City*, *op. cit.* Des photos de l'époque peuvent être consultées à l'adresse suivante : <http://sf.streetsblog.org/2011/08/09/whose-streets/> (15 mars 2013).

<sup>95</sup> Sur Lewis, « Chief Engineer of the Board of Estimate and Apportionment of New York City » pendant dix-huit ans, voir Jeffery K. Stine, *Nelson P. Lewis and the City Efficient: The Municipal Engineer in City Planning during the Progressive Era*, *Essays in Public Works History*, n° 11, Chicago, Public Works Historical Society, 1981.

<sup>96</sup> Miller McClintock, “The Traffic Survey”, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 133, septembre 1927, p. 8. Voir aussi : Nelson Lewis, “Planning of Streets and Street Systems”, dans Arthur H. Blanchard (éd.), *American Highway Engineers' Handbook*, *op. cit.* ; Jacob Viner, “Urban Aspects of Highway Finance”, *Public Roads*, vol. 6, n° 11, 1926, p. 233-268; M. Foster, “City Planners and Urban Transportation: The American Response, 1900-1940”, *op. cit.*, cite d'autres réactions allant dans le même sens.

mobilisés pour atteindre cet objectif : des carrefours giratoires, des feux multicolores<sup>97</sup>, des « tours » aux carrefours pour abriter des policiers<sup>98</sup> ; on a inventé et planté des panneaux de signalisation un peu partout<sup>99</sup>, des parcomètres aussi un peu plus tard<sup>100</sup>. Les départements de police ont établi des patrouilles ; on a expérimenté le système de rues à sens unique, les automobilistes se sont vus interdire de se garer le long des axes les plus chargés. Les citoyens, conducteurs et piétons, ont été également fait l'objet de campagnes d'information (et de répression) dans le but de diffuser des comportements compatibles avec le nouveau moyen de locomotion : convaincre les familles ne pas laisser leurs enfants jouer dans la rue, persuader les piétons de traverser uniquement aux endroits autorisés, faire respecter par les conducteurs les limites de vitesse et les feux rouges. Toutes ces mesures étaient préparées et soutenues par une avalanche de chiffres, produits de comptages en tous genres, exploités souvent avec l'aide de la « raison graphique »<sup>101</sup> (tableaux, graphiques cartes ...), chargés de percer les causes principales des accidents et de la congestion (*infra*)<sup>102</sup>.

Mais face aux flux incessants de nouvelles voitures inondant les rues, les communautés des « traffic engineers » et des « planners » commencent à envisager des solutions qui sortent du cadre existant, à commencer par les « Major Traffic Street Plans » dont les premiers spécimens datent de la fin des années 1910 mais qui vont connaître leurs heures de gloire durant les deux décennies suivantes<sup>103</sup>. Ces plans sont de nouveaux dispositifs techniques de planification qui vont incorporer dans leur confection les données et les trouvailles des nombreuses enquêtes de l'époque sur la sécurité et la congestion, et à l'aide desquels les

---

<sup>97</sup> La première installation permanente date de 1914 à Cleveland et comporte deux couleurs, vertes et rouges ; à ses débuts, il est actionné manuellement ; l'automatisation du système est réalisée en 1922

<sup>98</sup> Le premier a été testé en New York en 1915.

<sup>99</sup> Le « Stop » est inventé par un policier de Detroit en 1914.

<sup>100</sup> Le premier est installé à « Oklahoma City » en 1935.

<sup>101</sup> Jack Goody, *La raison graphique : la domestication de la pensée sauvage* (1977), Paris, Les Editions de Minuit, 1979.

<sup>102</sup> Sur ces pratiques et mesures de régulations, voir : C. McShane, « The Origins and Globalization of Traffic Control Signals », *op. cit.* ; Pierre Lannoy, « La mécanique des flux : l'ingénierie du trafic comme politique d'intégration », dans Bertrand Montulet et Vincent Kaufmann (éd.), *Mobilités, fluidités...libertés*, Bruxelles, Publications des Facultés universitaires Saint-Louis, 2004, p. 99-119 ; M. McClintock, *Street Traffic Control*, *op. cit.* ; « Planning for City Traffic », numéro special, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 133, septembre 1927 ; H. F. Hammond et L. J. Sorenson (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, *op. cit.* ; M. N. Halsey, *Traffic Accidents and Congestion*, *op. cit.* ; Th. M. Matson, W. S. Smith et F. W. Hurd, *Traffic Engineering*, *op. cit.*

<sup>103</sup> C'est Harland Bartholomew qui sera le promoteur et le producteur le plus prolifique de ce type de document. Il va démarrer assez tôt dans ce genre d'« industrie », avec son travail sur la ville de St. Louis : Harland Bartholomew, *A Major Street Plan for Saint Louis*, St Louis : MO, Louis City Plan Commission, 1917.

nouveaux professionnels vont militer en faveur de grands changements dans la forme des villes afin que celles-ci puissent vivre et se développer en symbiose avec le nouveau moyen de locomotion<sup>104</sup>. Au milieu des années 1920, trois éléments émergent comme les causes principales des accidents et de la congestion qui frappent les villes américaines, et que les seules mesures de régulation portant sur les infrastructures existantes n'arrivent pas, aux yeux des contemporains, à endiguer. La première cause est le legs de l'histoire, matérialisé dans la forme et les propriétés physiques du réseau existant, poussé de façon anarchique et désordonnée sur la longue durée. A cela s'ajoutent la mixité de différents types de trafic dans le même espace (voitures particulières, piétons, transports collectifs...), productrice de multiples frictions qui ralentissent les flux – le terme de friction est abondamment utilisé par les acteurs de l'époque ; on procède même à une taxinomie des différents types de friction. Une autre mixité, la coexistence dans les mêmes rues des trafics locaux et des trafics de transit, apporte enfin son lot de problèmes.

Ayant comme principal objectif de résoudre les problèmes de congestion qui frappent particulièrement, la partie centrale des villes américaines, « The Major Street Plans » incorporent dans leur structure ces trois « causes » des accidents et de la congestion et essaient d'apporter des remèdes à leurs effets. Ainsi, les rues sont désormais soigneusement classées en fonction du trafic particulier qu'elles sont censées écouler<sup>105</sup>, et leurs dimensions redéfinies en fonction de leur place dans l'économie de l'ensemble. Chose intéressante pour notre propos, parmi les différents éléments novateurs dans ces plans de l'époque figure un nouveau dispositif technique, désigné pour le moment à l'aide d'un vocabulaire encore flottant – on parle de : « expressway », « throughway », « motorway », « limited way », « major traffic highway », « superhighway » – auquel on recourt avec l'espoir de pouvoir écouler, à des vitesses élevées, des quantités toujours croissantes de voitures. Nouveauté incontestable par rapport aux rues de jadis – ne serait-ce que par sa taille –, l'« expressway » des « Major Street

---

<sup>104</sup> Sur l'outil « Major Traffic Street Plans », voir : J. Brown, « From Traffic Regulation to Limited ways: The Effort to Build a Science of Transportation Planning », *op. cit.*; Jeffrey R. Brown, Eric A. Morris, Brian D. Taylor, « Planning for Cars in Cities: Planners, Engineers, and Freeways in the 20<sup>th</sup> Century », *Journal of the American Planning Association*, vol. 75, n° 2, 2009, p. 161-177 ; Jeffrey Brown, « A Tale of two Visions: Harland Bartholomew, Robert Moses, and the Development of the American Freeway », *Journal of Planning History*, vol. 4, n° 1, 2005, p. 3-32.

<sup>105</sup> Ainsi Frederick Law Olmsted, Harland Bartholomew et Charles Cheney pour leur plan pour Los Angeles en 1924 ont classé les rues (existantes et à venir) de la ville en six catégories : « distributor streets », « radial thoroughfares », « inderdistrict thoroughfares », « truck hauling thoroughfares », « parkways and boulevards », and « minor streets » (Frederick Law Olmsted, Harland Bartholomew et Charles Cheney, *A Major Traffic Street Plan for Los Angeles* (Prepared for the Committee on Los Angeles Plan of Major Highways of the Traffic Commission of the City and County of Los Angeles, 1924).

Plans » dispose encore de quelques éléments des anciens boulevards, en accueillant souvent en son sein des transports en communs par exemple<sup>106</sup>. Il n'empêche : l'idée d'une infrastructure urbaine spécifique dédiée à écouler le flot des voitures dans le tissu urbain commence à faire son chemin. De façon paradoxale, pour qu'elle devienne réalité, elle devra adopter plusieurs éléments en provenance de contextes non urbains, à commencer par l'idée de l'accès limité, matérialisée dans les années 1920 d'abord par les « parkways ». Localisés dans les « suburbs », qui commencent à se développer de manière considérable dans les années 1920<sup>107</sup>, les « parkways » étaient un franc succès, dont les spécimens les plus connus sont les constructions de Robert Moses (1888-1981) dans la région new yorkaise dans les années 1920 et 1930<sup>108</sup>. Ces « parkways », qui très vite seront massivement empruntées par des navetteurs cherchant de pénétrer la ville durant la semaine, se signalent par le fait qu'ils accueillent les automobilistes qui souhaitent emprunter cette infrastructure seulement à des points précis, assez éloignés des uns des autres. L'utilisateur des « parkways » peut par conséquent développer une vitesse élevée dans un environnement qui assure une grande fluidité. Impressionnés par l'efficacité dont font preuve les « parkways » sur le front de la congestion, plusieurs ingénieurs du trafic ne vont pas attendre longtemps pour proposer une importation de la « parkway » dans la ville et l'extension du principe d'accès limité à des parties de la voirie urbaine<sup>109</sup>.

Au début des années 1930, le mariage des caractéristiques de larges rues, telles qu'elles figurent dans les « Major Streets Plans » des années 1920, et pour laquelle on prévoit souvent une séparation des niveaux de circulation (« grade separations ») pour éviter les frictions entre les différents types de trafic, et du principe de l'accès limité, qui caractérise le fonctionnement

---

<sup>106</sup> J.R. Brown, E. A. Morris, B. D. Taylor, «Planning for Cars in Cities: Planners, Engineers, and Freeways in the 20<sup>th</sup> Century», *op. cit.*

<sup>107</sup> Kenneth T. Jackson, *Crabgrass Frontier: The Suburbanization of the United States*, New York, Oxford University Press, 1985 ; C. Abbot, *Urban America in the Modern Age: 1920 to the Present*, *op. cit.*, pour d'autres références sur le sujet.

<sup>108</sup> Sur les « parkways », voir : Cliff Ellis, «Professional Conflict over Urban Form: The Case of Urban Freeways, 1930 to 1970», dans Mary Corbin Sies et Christopher Silver (éd.), *Planning the Twentieth-Century American City*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1996, p. 262-279, et p. 495-497 (pour les notes); Timothy Davis, « The Rise and Decline of the American Parkway », dans Christof Mauch and Thomas Zeller (éd.), *The World beyond the Windshield*, Athens (Ohio), Ohio University Press, 2008, p. p. 35-58. Sur les constructions de Moses, voir J. Brown, «A Tale of two Visions: Harland Bartholomew, Robert Moses, and the Development of the American Freeway», *op. cit.*

<sup>109</sup> Pour un texte contemporain, voir : Herbert S. Swan, «The Parkway as a Traffic Artery, Part I», *American City*, vol. 45, octobre 1931, p. 84-85 ; *Id.*, «The Parkway as a Traffic Artery, Part II», *American City*, vol. 45, novembre 1931, p. 73-76.

des « parkways », baptisé un peu plus tard « the freeway principle »<sup>110</sup>, donne un visage de plus en plus concret à la future autoroute urbaine (« urban freeway »), qu'on espère capable d'écouler avec célérité des quantités, jamais vues dans le passé, de véhicules à travers l'agglomération.

Mais le nouveau dispositif semble également promettre, aux yeux de nombreux spécialistes, d'aussi excellentes performances en matière de sécurité cette fois. Les données fragmentaires portant sur la « West Side Highway » à New York et la « Merrit Parkway » dans le Connecticut, en témoignent<sup>111</sup>. Mais d'après ces experts, on n'a pas même besoin d'attendre le verdict des statistiques pour saluer la bonne nouvelle. Des analyses sur le comportement des conducteurs semblent avoir montré que face au caractère faillible de l'homme, la meilleure protection contre l'accident consiste à éliminer si possible tout choix de la part de la composante humaine du système « voiture-infrastructure ». Car, à en croire les zélotes des « freeways », la bonne infrastructure est celle qui « compensate for all human errors (...). This requires that the facility make certain dangerous driving acts impossible, eliminate critical decisions, and render safe manoeuvres easier than unsafe ones. In short, the roadway must be of such design as to operate practically automatically »<sup>112</sup>. Avec ses glissières de sécurité au milieu, empêchant matériellement tout contact entre les flux opposés, et surtout ses échangeurs, permettant au conducteur d'entrer et de sortir du système en (grande) sécurité et sans en perturber le fonctionnement, la « freeway » est l'objet idéal à cet égard. Elle se présente comme le point d'aboutissement d'une série d'objets et de mesures de régulation – l'élément final et stable d'une « lignée technique » d'objets, pour parler comme Simondon<sup>113</sup>, expérimentés dans les années 1910 et 1920, et dont chacun déchargeait déjà un peu plus le conducteur du fardeau de la décision, à l'instar du signe « Stop » ou des glissières de sécurité<sup>114</sup>.

Mais si peu de contemporains mettent en cause la capacité du nouveau dispositif de pouvoir amener rapidement et avec des risques réduits le conducteur américain d'un point à l'autre de

---

<sup>110</sup> «A freeway is a highway to which there is no vehicular access from abutting properties. At widely separated points, usually several miles apart, the authority in charge would locate entrance and exit points» (Burton W. Marsh, «Express Highways», dans Institute of Traffic Engineers, *1937 Proceedings*, p. 60- 67 (p. 63)) .

<sup>111</sup> M. N. Halsey, *Traffic Accidents and Congestion*, *op. cit.*, p. 24.

<sup>112</sup> *Ibid.*, p. 24.

<sup>113</sup> Gilbert Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1958.

<sup>114</sup> M. N. Halsey, *Traffic Accidents and Congestion*, *op. cit.*, p. 33.

sa ville, tout le monde ne souhaite pas pour autant l'inscription de la « freeway » dans le tissu urbain. En effet, d'aucuns considèrent que ces tuyaux emplis de véhicules remplissent certes honorablement leur fonction d'écoulement, soigneusement dessinés ils peuvent même marier vitesse et sécurité, mais ils risquent de devenir des agents de destruction involontaire de choses bien plus précieuses qu'un déplacement sans heurts et sûr : l'essence même de la ville semble être mise en danger par le déploiement de ces « megamachines », pour employer un terme forgé par quelqu'un qui va s'illustrer comme un précoce et tenace critique de l'« urban freeway », Lewis Mumford (1895-1990). Pour ce dernier, qui n'est pas seul à défendre une telle thèse, la solution aux problèmes de la ville contemporaine, dont la congestion, est à chercher du côté d'une version moderne des cités du passé regorgeant de vie civique. Les « freeways » sont alors les bien venues à condition qu'elles s'arrêtent devant les portes des ces nouveaux centres urbains à échelle humaine, dispersés dans l'immense territoire américain qui devrait être formé de régions « deliberately settled in an organic decentralized fashion » combinant la « nature with the built environment »<sup>115</sup>, que Mumford et tous ceux qui pensent comme lui appelaient de leurs vœux. Tout au long des années 1930 mais aussi durant la décennie suivante, les adeptes des « urban freeways », dont un McClintock jouissant désormais du statut du père fondateur du « traffic engineering » qui ne croit plus à l'efficacité de la seule régulation (*supra*)<sup>116</sup>, et leurs adversaires ne cesseront de s'opposer<sup>117</sup>, en mobilisant aussi des éléments non discursifs comme le cinéma, les maquettes et les dessins<sup>118</sup>.

---

<sup>115</sup> Thomas L. Daniels, « A Trail Across Time: American Environmental Planning From City Beautiful to Sustainability », *Journal of the American Planning Association*, vol. 75, n° 2, p. 178-192 (p. 183). Sur les conceptions de Lewis Mumford au sujet de la ville « bonne », voir son ouvrage célèbre, *The City in History : its Origins, its Transformations, and its Prospects* (1961), San Diego, Harcourt, 1989 (mais l'auteur avait déjà développé plusieurs de ses thèses avant la guerre). Pour une introduction à la pensée de Mumford, voir David R. Hill, « Lewis's Mumford's Ideas on the City », *Journal of the American Planning Association*, vol. 51, n° 4, 1985, p. 407-421. Pour le milieu dans lequel Mumford évoluait, voir Kermit C. Parsons, « Collaborative Genius: The Regional Planning Association of America », *Journal of the American Planning Association*, vol. 60, n° 4, 1994, p. 462-482.

<sup>116</sup> Voir, par exemple, Miller McClintock, « The Future of Traffic Engineering », dans *Institute of Traffic Engineers, 1937 Proceedings*, p. 1-3.

<sup>117</sup> Sur les débats entre les deux camps durant les années de l'entre-deux-guerres, voir aussi Matthew Dalbey, *Regional Visionaries and Metropolitan Boosters: Decentralisation, Regional Planning, and Parkways during the Interwar Years*, Boston, Kluwer, 2002.

<sup>118</sup> *The City*, film sorti en 1938 et largement vu lors de la Foire internationale de New-York l'année suivante, et à la production duquel Lewis Mumford avait participé, est une attaque en règle contre la ville américaine de l'époque, sale et congestionnée, et un appel vibrant à une forme d'organisation urbaine différente sur la base de petites « cités » liées entre elles avec des « townless highways ». Les adeptes des « urban freeways » pouvaient compter sur le talent d'un Norman Bel Geddes (1893-1958), célèbre dans le monde du design industriel, qui exposait, toujours en 1939, son « Futurama », sa vision de la ville future, pleine d'autoroutes urbaines, dans le pavillon de « General Motors ». Sur le film *The City*, voir rapidement C. Abbott, *Urban America in the Modern Age: 1920 to the Present*, op. cit., p. 51. Sur Geddes et « Futurama » voir: Roland Marchand, « The Designers Go to the Fair II : Norman Bel Geddes, the General Motors 'Futurama', and the Visit to the Factory Transformed »,

A la fin des années 1930, l'autoroute (« freeway ») est donc bien installée sur la scène américaine, en jouissant d'une audience qui va du spécialiste du trafic au rédacteur du magazine *Life* et à son public d'Américains moyens, en passant par les aménageurs, les responsables politiques et toutes sortes d'acteurs économiques, des « down-town » businessmen aux constructeurs de l'automobile. Elle existe déjà de façon imposante à l'étranger, en Allemagne surtout qui concentre déjà les regards jaloux de divers ingénieurs routiers aux Etats-Unis, à commencer par le patron du puissant « Bureau of Public Roads », McDonald, qui revient sur l'exemple Allemand à plusieurs reprises<sup>119</sup>. Mais sa place dans la ville américaine divise. De façon paradoxale, c'est un acteur rural qui va peser de tout son poids en faveur de l'« urban freeway », le « Bureau of Public Roads ». Il va systématiser les arguments avancés par les adeptes de l'autoroute urbaine en faveur de cette solution. Mais il fera plus. Il apportera une quantité impressionnante de données quantitatives au service de la cause.

Depuis sa fondation dans les années 1890 jusqu'aux années 1930, « le Bureau of Public Roads » s'est occupé essentiellement des routes qui connectent les fermes des agriculteurs avec les marchés locaux et des « highways » reliant les villes entre elles sans les pénétrer. En devenant, surtout à partir du « Highway Act » de 1916, l'acteur central du pays en matière de politique autoroutière, le Bureau va développer, plusieurs programmes de recherche et d'études sur tous les aspects relatifs à la planification, la construction et la maintenance du système viaire américain, à l'exception de la partie urbaine. Or certaines des enquêtes menées sous la direction intellectuelle du BPR<sup>120</sup> vont déboucher, entre autres, sur une série de résultats en grande partie inattendus, qui vont pousser cet acteur dépendant à l'époque du ministère de l'Agriculture (« Department of Agriculture ») à devenir de plus en plus urbain.

---

*Design Issues*, vol. 8, n° 2, 1992, p. 22-40; Jeffrey L. Meikle, *Twenty Century Limited: Industrial Design in America, 1925-1939*, Philadelphie, Temple University Press, 2001 (1er éd. 1979) (l'auteur étudie, entre autres, la collaboration entre Geddes et McClintock autour du projet).

<sup>119</sup> Thomas. H. MacDonald, «Looking Toward the Highway Future», paper presented by Thoma H. MacDonald, Chief, U.S. Bureau of Public Roads, at Twenty-second Annual Convention of American Association of State Highway Officials, San Francisco, California, December 7, 1936 (dactylographié) ; *Id.*, «Highways of the Future», paper presented by Thomas. H. MacDonald, Chief, U.S. Bureau of Public Roads, at Fourteenth Annual Meeting of the Chicago Regional Planning Association, palmer House, Chicago, Illinois, May 6, 1937 (dactylographié). Les documents précédents ont été scannés et peuvent être consultés aux Archives électroniques du « Department of Transportation » à l'adresse : <http://dotlibrary.specialcollection.net/> (1<sup>er</sup> mars 2013).

<sup>120</sup> Le déroulement physique de ces enquêtes a impliqué évidemment les ministères de Transport des Etats fédérés (« State Highway Departments ») ainsi que d'autres acteurs plus locaux (*infra*).



Au milieu des années 1930, le « Bureau of Public Roads » entreprend une vaste enquête, qui à terme devait couvrir quarante-six Etats, sur l'usage des autoroutes par les conducteurs américains. La raison invoquée par les responsables n'est autre que l'usage rationnel et juste des deniers publics, la maximisation de l'utilité procurée à l'automobiliste par la dépense de chaque dollar que le conducteur verse à l'administration via la taxe spécifique sur les carburants<sup>121</sup>, exclusivement dédiée au développement du réseau autoroutier du pays<sup>122</sup>.

Les premières données portant sur dix-sept Etats, obtenues grâce à un nombre impressionnant d'interviews réalisées pour l'essentiel en 1936 – pas moins de 198 809 voitures particulières et 71 941 camions avaient participé aux enquêtes –, soulignent l'importance des villes dans la production du trafic sur les routes du pays, importance déjà pointée de façon moins systématique par plusieurs enquêtes datées des années 1920<sup>123</sup>. Les résultats définitifs de l'enquête, publiés en 1939, repris par d'autres supports de diffusion d'information largement lus par le milieu technique et politique<sup>124</sup>, ne font que renforcer les conclusions déjà établies : “Traffic maps in the report show that about 90 percent of the traffic on main highways near the entrances to large cities is bound to or from points in cities themselves and cannot be bypassed around them. It is also found that a large part of the traffic is destined to or bound from points in the very heart of the city or point most conveniently reached by going through the center of the city [c'est moi qui souligne]”<sup>125</sup>.

Voici pour ce qui est de quelques résultats marquants, obtenus grâce à la récolte et au traitement d'une masse d'informations impressionnante. Mais les faits sont sans voix propre. Que faire de ces chiffres, comment les traduire en un programme d'action ? C'est une anthropologie et une vision du bien commun qui vont animer ces chiffres et diagrammes, et les transformer en plaidoyer en faveur des autoroutes urbaines. Les hommes-citoyens savent

---

<sup>121</sup> Depuis des années 1920, les Etats avaient imposé une taxe spécifique aux automobilistes (« gaz tax »), destinée à financer le réseau routier. Voir : Gary T. Schwartz, « Urban Freeways and the Interstate System », *Transportation Law Journal*, vol. 8, 1976, p. 167-264 (p. 180-181, en particulier).

<sup>122</sup> “In planning highway programs an important problem is determination of where highway-user revenues should be spent to benefit the greatest number of motorists and to provide for the most essential needs of all classes and roads” (Robert H. Paddock et Roe P. Rodgers (Reported by), “Preliminary Results of Road-use Studies”, *Public Roads*, vol. 20, n° 3, 1939, p. 45-54 et p. 62-63 (p. 45).

<sup>123</sup> *Ibid.*

<sup>124</sup> Voir par exemple, “Big City Traffic is Largely Local”, *The American City*, vol. LVII, n° 5, 1942, p. 11.

<sup>125</sup> Anonyme, « Toll Roads and Free roads », *Public Roads*, vol. 20, n° 4, 1939, p. 65-66 et p. 75 (p. 66).

ce qu'ils veulent et ils expriment leurs souhaits à travers leur comportement observable<sup>126</sup>. Quant aux différents garants de l'intérêt général, ceux qui sont chargés de le gérer au quotidien comme les ingénieurs<sup>127</sup>, ils doivent traiter de façon égale les différentes classes des citoyens (et leurs désirs) et essayer de faire ce qu'il faut pour maximiser le « bonheur » du plus grand nombre. C'est une sorte d'utilitarisme égalitaire qui anime la vision des ingénieurs du « Bureau of Public Roads » et les oriente dans la lecture des données et la transformation de celles-ci en programme d'action<sup>128</sup>.

Soutenus par cette véritable vision morale (et politique) du monde, les chiffres des enquêtes pointent, d'après les responsables du « Bureau of Public Roads », tous vers la même direction et élisent un seul objet : l'autoroute urbaine. Écoutons l'architecte de ces enquêtes, Herbert Sinclair Fairbank<sup>129</sup>, formuler lui-même, dans un style plus libre que la prose rencontrée dans les rapports officiels, le programme d'action que son administration propose aux responsables politiques du pays : “Many people, traveling every day, short distances, in and out of the city, have made those church spires of the traffic diagram. And the street and the road they travel are badly misfitted to their task. Further out the road would bear them comfortably on. But they *don't want* to go on. They *want* to travel just a short distance. It is in such places – thousands of them – that we shall need in the post-war period to build our superhighways. Superhighways for short distance travel; not – as we are still mistakenly advised – for transcontinental travel and (error of errors) by-passing all cities! [c'est l'auteur qui souligne] By-pass all cities? Those who offer that advice have not yet heard the tidings the planning surveys are telling: That on every main road approaching a large city from 80 to upward of 90 percent of the traffic counted is bound from, or destined to the city itself. No, the road

---

<sup>126</sup> Sur la question des rapports entre politique et expertise, voir aussi les réflexions et les analyses proposées par Theodore M. Porter, *Trust in Numbers : The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*, Princeton (N.J.), Princeton University Press, 1995.

<sup>127</sup> J'emploie ici l'expression de François Etner, *Histoire du calcul économique en France*, Paris, Economica, 1987, p. 113.

<sup>128</sup> Ils ne seront pas les seuls à partager cette « idéologie », qui est aussi du goût de plusieurs autres « traffic engineers » et « planners ». Voir par exemple : H. Evert Kincaid, « Chicago Plans » dans *Institute of Traffic Engineers, 1943 Proceedings*, p. 36-49 (p. 36 en particulier). Au début du XXe siècle l'auteur du métro new yorkais expliquait aux futurs ingénieurs de la « Purdue University » que l'objectif de l'ingénieur est de « supply the public with the facilities that the public desires, and not what he thinks they should desire » (cité par Paul Barret et Mark H. Rose, « Street Smarts : The Politics of Transportation Statistics in the American City, 1900-1930 », *Journal of Urban History*, vol. 25, n° 3, 1999, p. 405-433 (p. 410). Voir aussi les débats rapportés par M. Dalbey, *Regional Visionaries and Metropolitan Boosters: Decentralisation, Regional Planning, and Parkways during the Interwar Years*, *op. cit.*

<sup>129</sup> David C. Oliver, “In the Shadow of a Giant: H.S. Fairbank and Development of the Highway Planning Process”, *Transportation Quarterly*, vol. 45, n° 4, p. 611-630.

builders will not be by-passing the city. The city is the place where the most people *want* to travel short distances. It is the place where the highway can perform its particular task most grandly, and where it now fails most miserably. It is the place where, in the post-war period, we shall look for a great new cycle of road building to reach its height. I wish there were time to dwell longer upon the theme of the city; but it is not the real point of my story and I must be moving on. I tarry only long enough to remark that the highway in the past has done some grave disservice to the city. In many ways it has helped, to be sure; but in its clumsiness it has injured, too. It bears a large share of responsibility for the city's decadent areas. It has lured taxpaying homeowners to new homes outside the city boundaries and left the city with the burden of dealing with the areas those taxpayers vacated. It has drawn the edges of the city out into a ragged pattern, difficult and expensive to supply with the services the city expects to give, and it has not done what it might, by providing circumferential connections between the radiating main routes to mitigate the injury”<sup>130</sup>. Paroles de 1943, réalités d'Après-guerre.

Nous venons de lire un plaidoyer en faveur d'un objet qui va connaître ses heures de gloire dans les années 1950 et 1960, l'autoroute urbaine. Celle-ci, en rendant la circulation aussi fluide que possible, va transformer le mouvement des voitures en phénomène susceptible d'être saisi par les mathématiques et va permettre ainsi au planificateur du système de transports de prévoir les déplacements urbains à l'aide de modèles dont la première génération date des années 1950 et dont le développement se poursuit jusqu'à aujourd'hui. Mais une observation attentive des années qui s'étalent entre les deux grandes guerres du XXe siècle montre que pour plusieurs des composantes de ce champ de modélisation, des ancêtres nés bien avant le déclenchement du second conflit mondial sont facilement identifiables.

Par définition, la modélisation a besoin des « inputs », le plus souvent des données sur le présent, pour produire ses propres « outputs », des prévisions concernant les états futurs du système qu'on souhaite modéliser. Avant de se lancer à la prédiction des déplacements qui vont emprunter le réseau à construire, on doit se faire au préalable une idée des déplacements actuels, observés sur le réseau en place. Pour construire une représentation de la réalité du

---

<sup>130</sup> H.S. Fairbank (Chief, Division of Research, Planning and Information, Public Roads Administration, Federal Works Agency), *Post-War Planning For Highway Construction*, War Industry Conference of the National Sand & Gravel Association and the National Ready Mixed Concrete Association, January 28, 1943, Cleveland Ohio, (dactylographié), p. 9-10. Ce document a été scanné et peut être consulté aux Archives électroniques du « Department of Transportation », à l'adresse : <http://dotlibrary.specialcollection.net/> (1<sup>er</sup> mars 2013).

présent, le modélisateur, et plus généralement celui qui est chargé de la planification du futur réseau des transports, doit concevoir des dispositifs de production, de collecte et de traitement de données, qui vont alimenter à leur tour, dans un second temps, d'une façon ou d'une autre, le processus de modélisation. Nombre de ces dispositifs vont apparaître pour la première fois durant les années 1910-1940, avant d'être appropriés, parfois redécouverts, revus et redéployés, sous des formes de plus en plus sophistiquées après la Seconde Guerre mondiale. Mais il y a plus. Non content de cerner à l'aide de ces enquêtes la réalité de son temps, le « traffic engineer » de l'entre-deux-guerres va également s'aventurer dans la prédiction du futur trafic en inventant un nombre limité de modèles. Ceux-ci peuvent apparaître plutôt frustrés, il est vrai, si on décide de les regarder avec les yeux de la postérité. Mais il fallait commencer quelque part, et les ingénieurs de l'entre-deux-guerres l'ont fait, avec, qui plus est, les moyens matériels et intellectuels du bord, bien moins puissants que ceux dont on disposera par la suite. Suivons-les d'abord dans leurs efforts de saisir les déplacements dans les villes de leur temps, ensuite dans leurs tentatives de prédire le trafic sur les réseaux à venir.

## 1910-1940 : une proto-modélisation des déplacements urbains

A partir des années 1910 et tout au long de la période de l'entre-deux-guerres, une frénésie de comptage portant sur les déplacements faits en voiture, en transports collectifs, voire à pied, dans la ville mais aussi entre les centres urbains, s'empare du pays : on veut connaître le nombre des trajets par moyen de locomotion, leurs origines et leurs destinations, les chemins précis empruntés, les motifs du voyage. Pourquoi une telle recherche boulimique d'information concernant la mobilité des Américains, manifestation locale, par ailleurs, d'un mouvement bien plus général qui va déboucher sur ce qu'on nomme depuis plusieurs années déjà la société de l'information ?<sup>131</sup> Peut-être, parce que « compter, c'est pouvoir », pour paraphraser le philosophe. Plusieurs acteurs de l'époque, les ingénieurs du trafic en premier lieu, en sont entièrement convaincus en tout cas. Face à la congestion qui frappe les villes américaines, à cause de la concurrence qui s'installe pendant la période de l'entre-deux-guerres entre la voiture et les transports collectifs, à l'occasion des grands travaux publics de la période de la Dépression, on compte toujours plus dans l'espoir de mieux agir. Faut-il élargir cette rue congestionnée, et si oui de combien ? A-t-on besoin de construire une nouvelle route, ou un nouveau pont, et dans l'affirmative quelles dimensions leur donner et où les placer ? Faut-il augmenter la fréquence de passage des trams, voire redessiner le réseau entier afin que le service colle au plus près aux désirs de la clientèle ? Qu'il s'agisse de petits bricolages, de grands remodelages, ou carrément de nouvelles infrastructures, une connaissance fine des comportements et des souhaits des citoyens en matière de mobilité ne peut pas nuire à personne.

Sans grande surprise, ce sont les compagnies de transports collectifs dans les grandes villes qui vont recourir les premières à des enquêtes visant à identifier l'origine et la destination des trajets de leurs clients<sup>132</sup>. Electrifiées au début des années 1890, ces compagnies vont connaître un grand dynamisme et ce jusqu'à la fin de la Grande guerre, et vont apporter à

---

<sup>131</sup> La littérature sur la question est considérable. Voir: James R. Beniger, *The Control Revolution : Technological and Economic Origins of the Information Society*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1986 ; Frank Webster, *Theories of the Information Society*, Londres, Routledge, 2006 (3e éd.); Delphine Gardey, *Ecrire, calculer, classer : comment une révolution de papier a transformé les sociétés contemporaines (1800-1940)*, Paris, La Découverte, 2008.

<sup>132</sup> Pour une histoire de ces compagnies, voir Martha J. Bianco, « Technological Innovation and the Rise and Fall of Urban Mass Transit », *Journal of Urban History*, vol. 25, no. 3, 1999, p. 348-378. La lecture de l'ouvrage de Mark S. Foster, *From Streetcar to Superhighway: American City Planners and Urban Transportation, 1900-1940*, Philadelphie, Temple University Press, 1981, reste toujours utile.

l'étude de la mobilité des citoyens américains des développements et plusieurs outils nouveaux<sup>133</sup>. Les serviteurs de la cause de l'automobile vont largement puiser dans ce stock d'expériences patiemment amassées par leurs « adversaires ».

Durant les années 1910, nombreuses sont, en effet, les villes, qu'elles soient grandes, comme Philadelphie, Detroit, Chicago ou Pittsburgh, ou plus petites, comme « Queen City »<sup>134</sup>, qui décident, à l'occasion de projets de restructuration de lignes existantes ou de création de nouveaux systèmes, d'entreprendre des enquêtes de grande ampleur pour obtenir « all data that might be of use in forecasting the amounts and directions of travel in the future (...) »<sup>135</sup>. D'après l'aveu des contemporains, c'est la ville de Philadelphie qui a mené, avec l'aide du bureau d'études new-yorkais « Ford, Bacon & Davis », « the most comprehensive traffic count ever undertaken »<sup>136</sup>, opération déroulée entre le 14 octobre et le 18 novembre 1912. Plusieurs jours avant le coup d'envoi, mais aussi durant le déroulement de l'enquête, les responsables politiques de la ville avaient orchestré une campagne d'information auprès du public pour lui expliquer l'importance de l'opération et l'exhorter à une active collaboration<sup>137</sup>. Pourquoi des tels efforts de publicité ? Car, contrairement à des pratiques de comptage plus traditionnelles, l'enquête de 1912 instaure des relations de *face à face* entre le collecteur de l'information recherchée et sa source, à savoir l'utilisateur. « As each passenger entered the car the first observer handed him a card bearing the name of the street at which he boarded As soon as the passengers were settled after each stop, the second observer went through the car asking of each card-holding passenger *his ultimate destination and route*

---

<sup>133</sup> Le seul article écrit par des historiens sur la question des comptages à cette époque que j'ai pu identifier est : P. Barret et M. H. Rose, « Street Smarts : The Politics of Transportation Statistics in the American City, 1900-1930 », *op. cit.* (p. 407-413, en particulier). Stanley K. Schultz, *Constructing Urban Culture, American Cities and City Planning, 1800-1920*, Philadelphie, Temple University Press, 1989, contient aussi des informations sur cette question, et il en va de même pour le livre de Clay McShane, *Down the Asphalt Path : The Automobile and the American City*, New York, Columbia University Press, 1994. D'après ces auteurs, des enquêtes de trafic, réalisées par des compagnies de transports en commun, datent des années 1880/1890. Aussi intéressants et informatifs, ces travaux s'appuient sur un corpus qui est loin d'être exhaustif ; aucun d'entre eux ne procède, par ailleurs, à une analyse détaillée du contenu des enquêtes de trafic menées par les compagnies.

<sup>134</sup> Herbert F. Koch, « Letting the Citizens Help in Making the Traffic Survey », *The American City*, octobre 1916, p. 463.

<sup>135</sup> Henry W. Blake et Walter Jackson, *Electric Railway Transportation*, New York, McGraw-Hill Book Company, 1917, p. 47.

<sup>136</sup> H.W. Blake et W. Jackson, *Electric Railway Transportation, op. cit.*, p. 46. Sur cette enquête, voir surtout : A. Merritt Taylor (Director, Department of City Transit, Philadelphia), « The Solution of a City's Transit Problem », *The Electric Journal*, vol. XI, n° 10, octobre 1914, p. 514-542.

<sup>137</sup> Anonyme, « Traffic Count in Philadelphia », *Electric Railway Journal*, 2 novembre 1912, p. 949-952 (p. 951).

collecting the cards and filling them out with this information [c'est moi qui souligne]"<sup>138</sup>. Le travail de terrain terminé, ces informations contenues dans les bulletins échangés entre l'enquêteur et le client du système de transport sont transférées sur des « Hollerith cards » en vue de leur traitement par la « Statistical Service Company » à l'aide de machines de tabulation électrique, qui, au vu des informations disponibles, seront largement mobilisées par la suite pour toutes les enquêtes de comptage d'une certaine ampleur<sup>139</sup>. Traitées mécaniquement, ces informations ont donné, pour utiliser un vocabulaire postérieur, des *matrices origine-destination*, dont chaque cellule représente les flux de déplacements entre deux sections particulières de la ville<sup>140</sup>.

Les succès de l'enquête Philadelphienne a fait des émules. Après Detroit<sup>141</sup>, les villes de Boston (1915)<sup>142</sup>, Chicago (1916)<sup>143</sup> et de Pittsburgh (1917)<sup>144</sup> entreprennent ce type d'enquête origine-destination – qu'elles font évoluer par ailleurs dans la façon de récolter et traiter l'information –, aidées par des consultants et mobilisant souvent les ressources universitaires locales – c'est le cas du MIT pour Boston, alors que la ville de Pittsburgh fait

---

<sup>138</sup> H. W. Blake et W. Jackson, *Electric Railway Transportation*, *op. cit.*, p. 47.

<sup>139</sup> Voir R.H. Horton, "Methods of Observing and Analyzing Passenger Traffic: The Merits of Several Methods of Obtaining Data are Pointed out, together with Helpful Advice on How to Use Traffic Study Data", *Electrical Railway Journal*, vol. 54, n° 2, 1919, p. 75-78. Sur les machines de tabulation électriques, voir : George A. Fierheller, *Do not Fold, Spindle or Mutilate : The "Hole" Story of Punched Cards*, Markham (Ontario), Stewart Publishing & Printing, 2006; William Aspray (éd.), *Computing before Computers*, Iowa State University Press/AMES, 1990, le 4e chapitre en particulier.

<sup>140</sup> Anonyme, "Traffic Count in Philadelphia", *op. cit.*, p. 951.

<sup>141</sup> Barclay Parsons & Klapp, *Report on Detroit Street Railway Traffic and Proposed Subway Made to Board of Street Railway Commissioners City of Detroit*, sans lieu d'édition, janvier 1915. Sur l'un des fondateurs du bureau, William Barclay Parsons, ayant à son actif le métro de New York, et la firme elle-même, voir les brefs commentaires de P. Barret et M.H. Rose, « Street Smarts: The Politics of Transportation Statistics in the American City, 1900-1930 », *op. cit.*, p. 409-410 et *passim*, et surtout Tom Malcolm, *William Barclay Parsons : A Renaissance Man of Old New York*, New York, Parsons Brinckerhoff Inc., 2010. Pour un bref historique de la firme :

<http://www.fundinguniverse.com/company-histories/Parsons-Brinckerhoff-Inc-company-History.html>

(10 mars 2013).

<sup>142</sup> H. W. Blake et W. Jackson, *Electric Railway Transportation*, *op. cit.*, p. 48-52 et *passim*.

<sup>143</sup> *Report on Investigation of Traffic Conditions and Track Capacity with Respect to the Possibilities of Improved Street Railway Service and Re-routing of Cars of the Chicago Surface Lines, Advance Reprint from the Ninth Annual Report of the Board of Supervising Engineers Chicago Traction*, Chicago, The Gunthorp-Warren Printing Company, 1er mars 1916.

<sup>144</sup> *Report of Transit Commissioner to the Honorable Mayor and the City Council of the City of Pittsburgh*, Pittsburgh, 1917.

appel à l'« University of Pittsburgh » et au « Carnegie Institute of Technology » qui ont fourni plusieurs « men for the extensive traffic surveys required for these studies »<sup>145</sup>.

Certaines de ces enquêtes – celle de Pittsburgh et de Chicago, par exemple – comprenaient aussi une composante automobile. Le nombre des voitures arpentant les rues des grandes villes américaines allant croissant, très vite le nouveau né sur la scène de la mobilité commence à engendrer ses propres enquêtes. C'est à Chicago que revient l'honneur d'avoir réalisé assez tôt une large enquête de comptage pour les voitures privées cette fois<sup>146</sup>. Les travaux d'aménagement prévus pour la “Michigan Avenue”, alors fortement congestionnée et qu'on songe à élargir, s'en trouvent à l'origine. La technique utilisée, passée à la postérité sous le nom d'*enquête cordon* vient aussi des transports collectifs – elle avait été ainsi pratiquée durant l'enquête de Pittsburgh par exemple. Pendant six jours du mois de juin 1916, de 7 heures du matin au 7 heures du soir, tous les mouvements des voitures entrant et quittant le centre-ville sont enregistrés alors qu'on note également l'heure de passage devant le poste d'observation – en fait, une voiture au milieu de la rue avec quatre observateurs – et la plaque d'immatriculation de chaque véhicule. Comme on peut facilement l'imaginer, un tel comptage est très exigeant en termes de main d'œuvre. Heureusement Chicago est une ville universitaire: “The count was made by 250 juniors and seniors from the University of Chicago who were paid \$5 per 12-hour day”<sup>147</sup>. Toutes les informations recueillies par les observateurs sont rapportées dans des cahiers spéciaux, transportés à la fin de la journée par les équipes de terrain au bureau central. En combinant les données contenues dans ces cahiers avec des informations supplémentaires – les nom et adresse du propriétaire du véhicule, identifiés à partir de la plaque d'immatriculation de cette dernière –, soixante-deux employés procèdent alors à une classification des déplacements enregistrés selon le motif qui est supposé les animer : travail ou récréation, probablement une première pour ce type d'enquête. C'est le motif « travail » qui domine puisque 67,80% des voitures et 84,19% des trajets comptés pendant les jours de l'enquête relèvent de cette catégorie<sup>148</sup>.

---

<sup>145</sup> *Ibid.*, “Letter to Transmittal”.

<sup>146</sup> Voir en premier lieu : Anonyme, « A Traffic Census that Recorded Vehicle Movements in Business District of Chicago », *Engineering and Contracting*, vol. 49, n° 23, 5 juin 1918, p. 564-566.

<sup>147</sup> *Ibid.*, p. 565.

<sup>148</sup> *Ibid.*, p. 566.



Le raz-de-marée automobile poursuivant sa progression dans les villes américaines, cette première expérience illinoise trouve plusieurs imitateurs, qui ajoutent leur propre touche aux dispositifs utilisés et aux façons de traiter l'information recueillie. Prenons l'exemple de la ville de Pittsburgh<sup>149</sup>. Le 28 octobre 1920, celle-ci entreprend à son tour une enquête cordon, toujours autour du « Central Business District » (CBD), qui est entouré, comme dans le cas de Chicago, de plusieurs stations d'observation d'où on peut compter les entrées et les sorties des flux de trafic. Comme on projette une nouvelle infrastructure contournant le centre et visant à écouler la circulation de transit, on souhaite mesurer l'ampleur de cette dernière. Pour ce faire, les responsables de l'enquête tentent de tracer, autant que faire se peut au regard du dispositif de comptage employé, la trajectoire des voitures qui entrent dans le CBD. Chaque voiture est dotée d'une fiche contenant sa plaque d'immatriculation, sa marque, sa direction, l'heure de passage devant le poste de l'observation et les coordonnées de ce dernier (en fait, un simple numéro). Ensuite, à partir de la plaque d'immatriculation, chaque voiture est pistée de poste en poste d'observation. Si le passage d'une station à l'autre est rapproché dans le temps (de l'ordre de 15 minutes), on considère que le mouvement de la voiture en question relève du trafic de transit.

Après Chicago et Pittsburg, celle qui va devenir bientôt la ville de l'automobile par excellence, Los Angeles, entreprend à son tour en 1924, une enquête cordon dans le cadre de son premier « Major Traffic Street Plan » (*supra*). Toujours en 1924, une autre enquête cordon montre que quelques 204750 véhicules pénétraient le « borough of Manhattan-south of 59th Street » durant le 24 heures d'un « typical Business day »<sup>150</sup>. En 1931, grâce à cet type d'enquête appliquée à dix villes majeures à travers les Etats-Unis, on apprend que « 277,000 automobiles entered the central business district of Los Angeles, compared to 113,000 in Chicago, 66,000 in Boston, and 49,000 in St.Louis during identical twelve-hour periods »<sup>151</sup>.

---

<sup>149</sup> Winters Haydock, «How the Pittsburgh Traffic Count Was Made», *Engineering and Contracting*, vol. LVIII, n° 14, 4 octobre 1922, p. 325-326.

<sup>150</sup> Harold M. Lewis, «The New York City Motor Traffic Problem», *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 116, novembre 1924, p. 214-223 (p. 215).

<sup>151</sup> Mark S. Foster, « The Model-T, the Hard Sell, and Los Angeles's Urban Growth : The Decentralization of Los Angeles during the 1920s », *Pacific Historical Review*, vol. 44, n° 4, 1975, p. 459-484 (p. 466).

Banalisée déjà dans les années 1920<sup>152</sup>, figurant depuis et jusqu'aux temps présents parmi les outils largement mobilisés dans les études de trafic automobile, l'enquête cordon souffre de quelques limites que les « traffic engineers » de l'époque vont essayer de pallier en appliquant, avec les aménagements nécessaires, dans le cas de l'automobile l'autre type d'enquête pratiquée à partir les années 1910 par les responsables des transports collectifs : l'*enquête origine-destination*. Écoutons une voix qui fait autorité à l'époque, celle de l'ingénieur new yorkais Harold Lewis : « A logical plan for any public improvement must be based on adequate information. In order to lay out a by-pass highway that will be both economical and efficient, information should be gathered both as to the *origin and destination* of the vehicles on existing trunk highways, and the savings in time and money that any new facility will bring about. Public authorities have, for many years, been taking traffic counts upon their main highways. These have, in most cases, reported only the number, and perhaps the type, of vehicles passing certain points within specified periods of time. Such counts will show where there is necessity for providing additional highway facilities, *but they are not enough to indicate the best route that such highways should follow*. For its purpose it is necessary to know both the *origin and destination* of all the vehicles concerned [c'est moi qui souligne] »<sup>153</sup>. Comment faire?

Plus sophistiquées, car productrices d'informations plus variées que les enquêtes cordon, les enquêtes origine-destination mettent en œuvre, pendant les années 1920-40, un grand nombre de dispositifs imaginés par l'ingénieur du trafic de l'époque pour capter d'où vient et vers où se dirige l'automobiliste américain ainsi que les motifs qui le poussent à prendre le volant. Deux grande familles d'enquêtes origine-destination, déployées à la fois dans le cas des déplacements à l'intérieur des villes mais aussi pour des trajets interurbains, se développent à partir des années 1920.

La première s'inscrit dans la continuité des enquêtes cordon : elle cherche des informations relatives à l'origine et à la destination des déplacements des automobilistes de *façon indirecte*, sans entrer en contact et en interaction avec les conducteurs. Ainsi, dans le cadre d'une large

---

<sup>152</sup> Pour une liste, voir : The Erskine Bureau for Street Traffic Research, *A selected and Annotated Bibliography of the Literature of Street Traffic Control and Related Subjects 1920-1933*, *op. cit.*, chapitre X: "Street Traffic Surveys, Reports, Counts and Censuses" (p. 178-201); Robert Emmanuel Barkley, *An Annotated Bibliography on Traffic Volume Studies and Origin-Destination Surveys*, Master thesis in Civil Engineering, Purdue University, juin 1950.

<sup>153</sup> Harold M. Lewis, « Routing Through Traffic », *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 133, septembre 1927, p. 19-27 (p. 20-22).

enquête menée à Detroit en 1936, des équipes de terrain relèvent les plaques d'immatriculation de toutes les voitures stationnées dans le « Central Business District » de la ville. Par l'intermédiaire des adresses des conducteurs, il a été ainsi possible d'identifier les origines des déplacements ayant comme destination le centre-ville<sup>154</sup>.

Le dispositif premièrement utilisé à Pittsburgh, de façon assez rustique il est vrai, consistant à suivre la trajectoire des voitures en relevant leur numéro de la plaque d'immatriculation lors de leurs passages à des postes d'observation particuliers, est perfectionné pour être utilisé dans le cadre de la recherche de l'origine et de destination des mouvements des voitures. C'est l'enquête de la région de Chicago réalisée en septembre 1941, qui est considérée par les contemporains comme particulièrement représentative de cette méthode<sup>155</sup>. Alors que les enquêtes cordon concernent surtout le centre-ville, l'enquête de 1941 couvre une région qui s'étend environ 50 miles au nord, sud et ouest du « Central Business District » de la région métropolitaine de Chicago, et 50 miles à l'est de la ville de « Gary » dans l'Etat d'Indiana. Comprenant 160 villes et villages, forte d'une population de quelques cinq millions habitants, cette région est alors découpée en six grandes sous-régions sur la base de la densité de population, alors que chacune de ces sous-régions est divisée à son tour à plusieurs zones, trente-et-une au total, lieu d'origine et de destination des divers déplacements. L'enquête a eu lieu durant une « representative traffic day », le 9 septembre 1941, et elle s'est déroulée de 7 heures du matin à 7 heures du soir. Mais par manque de chance, les données recueillies à un certain nombre de stations d'observation après 14 heures étaient incomplètes pour cause d'averses. Comme dans le cas de l'enquête cordon effectuée à Los Angeles en 1924, des centaines de « boy-scouts » sont mobilisés pour suivre le parcours des voitures d'un poste d'observation à l'autre: entraînés au préalable, ils étaient répartis en deux catégories, les « callers », qui lisaient à haute voix la plaque d'immatriculation, et les « recorders » qui les inscrivaient sur des fiches spécialement conçues pour l'enquête – notons ici que la figure du

---

<sup>154</sup> D. Grant Mickle, « Traffic Planning », dans Institute of Traffic Engineers, *1937 Proceedings*, p. 97-104. Pour cette technique particulière d'identification des origines et des destinations des déplacements des automobilistes, le cas de Detroit est considéré comme le plus réussi ; il est mentionné dans les différents manuels de « traffic engineering » jusqu'aux années 1950 : H. F. Hammond et L. J. Sorenson (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, *op. cit.*, p. 77 ; H. K. Evans (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, *op. cit.*, p. 150 ; *Manual of Traffic Engineering Studies*, New York, Published by the Accident Prevention Department of the Association of Casualty and Surety Companies, 1953 (2e éd. ; 1<sup>re</sup> ed. : 1945), p. 145.

<sup>155</sup> *A Traffic Survey of the Chicago District, made by Illinois Division of Highways, Indiana State Highway Commission, City of Chicago, Chicago Park District, Cook County Highway Department, DuPage County Highway Department, Lake County Highway Department, Will County Highway Department*, Chicago, Illinois, The Inland Press, avril 1943. L'enquête de Chicago est présentée aussi comme exemple réussi dans *Manual of Traffic Engineering Studies*, *op. cit.*, p. 143-44.

« recorder » sera souvent remplacé par des « dictating machines »<sup>156</sup>. En combinant les fiches des différentes stations d'observation, les enquêteurs étaient capables de restituer le trajet de chaque voiture de poste en poste d'observation, le premier et le dernier poste identifiés représentant alors l'origine et la destination du déplacement. Evidemment, les informations contenues dans les fiches sont transférées sur des « Key-punch machines cards », lesquelles, à leur tour, sont traitées par des machines de tabulation capables de restituer différentes combinaisons de résultats. Comme pour le « traffic survey » de Detroit, les responsables de l'enquête ont fait preuve de beaucoup d'imagination pour réussir à présenter les résultats obtenus de façon lisible. La première présentation des résultats « origine-destination » prend la forme de la *matrice origine-destination* avec laquelle on est familier aujourd'hui – à l'époque on parle d'une table à deux entrées (« tabular array of O-D data ») – : chaque cellule de la matrice représente les flux allant d'une zone (origine) à une autre zone (destination). Mais « since tables fail to develop a mental picture of concentrations and relative locations of origins, destinations, and their paths of connection, O-D information is frequently interpreted graphically »<sup>157</sup>. Pour l'enquête de Chicago, on a recouru à une présentation dite par « colonnes isométriques » (« isometric columnar figures »). Cette manière d'exposer les résultats a nécessité, par ailleurs, l'usage de plusieurs couleurs, une pour chacune des six sous-régions analysées, quand on a voulu exposer sur la même feuille de papier les flux « origine-destination » pour l'ensemble du District<sup>158</sup>.

Outre ces deux dispositifs illustrés par les enquêtes menées à Detroit et à Chicago, une troisième méthode permettant de retrouver l'origine et la destination des déplacements *sans entrer en interaction avec le conducteur* consiste à l'époque à utiliser des « tags on vehicle » : « In this method a pre-coded card is handed to the driver or fastened to his vehicle as it enters the area (such as city or district) under study. When the car leaves the area the tag is removed

---

<sup>156</sup> T. M. Matson, W. S. Smith et F.W. Hurd, *Traffic Engineering, op. cit.*, p. 91. Pour des exemples d'usage des dictaphones à Pittsburgh et à Lebanon (Indiana), voir C.S. Cunningham, « O&D by Transcription », *Traffic Engineering*, vol. XII, n° 16, 1942, p. 436-37 ; « O and D Survey Methods », *Traffic Engineering*, vol. XIII, n° 1, 1942, p. 34.

<sup>157</sup> T. M. Matson, W. S. Smith et F.W. Hurd, *Traffic Engineering, op. cit.*, p. 99.

<sup>158</sup> Sur les différentes façons de présenter visuellement l'information, les travaux de Edward R. Tufte sont à consulter en priorité : Edward R. Tufte, *The Visual Display of Quantitative Information*, Cheshire (Connecticut), Graphics Press, 2001 (2<sup>e</sup> éd.) ; *Id.*, *Visual Explanations : Images and Quantities, Evidence and Narrative*, Cheshire (Connecticut), Graphics Press, 1997. Voir aussi l'article de synthèse de Regula Valérie Burri et Joseph Dumit, « Social Studies of Scientific Imaging and Visualization », dans Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch et Judy Wajcman (éd.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2008 (3<sup>e</sup> éd.), p. 297-317 (l'article contient une très riche bibliographie). En français on peut consulter : Jean-Paul Bord et Pierre Robert Baduel (éd.), *Les cartes de la connaissance*, Paris, Karthala, 2004.

and the time, station direction of travel and any other readily observable information is recorded on it”<sup>159</sup>.

Toutes ces méthodes d’identification de l’origine et de la destination des déplacements des automobilistes, en faisant l’économie d’une interaction entre l’enquêteur et l’enquêté, prive le premier de la possibilité de tirer du second différentes informations sur ses déplacements, comme que le motif du voyage par exemple. « Consciente » de ces limites, une autre classe d’enquêtes origine-destination, sollicitant cette fois la collaboration active du conducteur comme source de renseignements, sera massivement utilisée par les ingénieurs du trafic dans les années 1920 et 1930. Deux dispositifs particuliers caractérisent cette classe d’enquêtes origine-destination. Le premier est celui de l’*entretien direct* (« direct interview »), le second fait intervenir la *carte postale* (« post card »). Un acteur va passer maître dans l’art de ce type d’enquête : le « Bureau of Public Roads », décidément l’acteur central dans le domaine du « highway engineering » durant la période de l’entre-deux-guerres.

La qualité des hommes du Bureau s’occupant de ce type d’enquête à partir des années 1920 n’est pas étrangère à cette montée en puissance de l’institution dans le domaine des « traffic surveys » en général, et de l’enquête origine-destination en particulier. “There is no fundamental difference in principle between the public business of developing systems of highways, and private enterprises engaged in producing commodities or in the performance of services. (...) The same basic economic and engineering principles of management that exert such a controlling influence in the field of private business should govern the public business of production in the highway field”<sup>160</sup>. Propos de J. Gordon McKay dont le nom deviendra presque synonyme des « traffic surveys » au sein du “Bureau of Public Roads” dans les années 1920. Titulaire d’un doctorat en économie, McKay commence sa carrière universitaire à l’« University of Wisconsin » en 1913<sup>161</sup>. En 1922, il démissionne de son poste de professeur et rejoint le « Bureau of Public Roads » (BPR) avec pour mission d’organiser l’enquête pour l’Etat de Connecticut, qualifiée par les contemporains comme « the most

---

<sup>159</sup> H. F. Hammond et L.J. Sorenson (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, *op. cit.*, p. 76. Voir aussi: T. M. Matson, W. S. Smith et F. W. Hurd, *Traffic Engineering*, *op. cit.*, p. 90; *Manual of Traffic Engineering Studies*, *op. cit.*, p. 145.

<sup>160</sup> J. Gordon McKay (reported by), “Modern Highway Traffic and the Planning of State Highway Systems”, *Public Roads*, vol. 7, n° 9, 1926, p. 187-189 (p. 187).

<sup>161</sup> *The American Economic Review*, vol. 3, n° 3-4, 1913, p. 1076; *The American Economic Review*, vol. XII, n° 1, supplement, mars 1922, p. 36.

comprehensive program ever attempted »<sup>162</sup>. Il sera « Chief Economist » à la « Division of Highway Economics » du BPR pendant sept ans, et de ce poste, McKay va présenter régulièrement au public des « traffic engineers » des années 1920, à travers notamment les colonnes de la revue *Public Roads*, l'organe officiel du Bureau, les résultats des enquêtes de trafic entreprises sous sa direction scientifique. Il va également représenter sa tutelle au sein du « Highway Research Board » (HRB) en tant que membre du « Committee on Highway Traffic Analysis »<sup>163</sup>. A l'extrême fin de la décennie, après avoir dirigé pour le compte du BPR une grande enquête à Cleveland, il quitte l'administration fédérale pour le poste de directeur du « Cleveland Highway Research Bureau » établi par Cleveland Commercial Club<sup>164</sup>, tout en restant actif au sein du comité « Traffic Survey Methods and Forms » du HRB, qu'il préside en 1937<sup>165</sup>. Au moment où il quitte le « Bureau of Public Roads », McKay a déjà inauguré et solidement ancré au sein de l'institution une tradition intellectuelle, que ses collaborateurs continueront à cultiver et à étendre avec l'aide de nouvelles recrues après son départ en 1929. Parmi les jeunes qu'il fait venir au sein de la division qu'il dirige, on peut ainsi signaler un autre économiste : Oswald Milton Elvehjem, également titulaire d'une thèse de doctorat délivrée en 1925 par cette même université de Wisconsin-Madison que McKay avait quitté trois ans auparavant<sup>166</sup>. Mais le véritable successeur de McKay au sein de la « Division of Highway Economics » du Bureau est, sans conteste, Leroy Elden Peabody C.C. (1894-1956), mathématicien, ancien élève de « Norwich University », titulaire d'un « Master of Arts Mathematics » de « Clark University », instructeur pendant quelques années au « Sheffield Scientific School » de « Yale University »<sup>167</sup>, membre enfin de l'« Institute of

---

<sup>162</sup> “New Traffic Survey Starts in Connecticut: State and Federal Government Join in Most Comprehensive Program Ever Attempted”, *Engineering News-Record*, vol. 89, n° 14, 5 octobre, 1922, p. 579.

<sup>163</sup> Il sera l'un des cinq membres du comité en 1925 : *Proceedings of the Fifth Annual Meeting of the Highway Research Board*, held at Washington, D.C., December 3-4, 1925, Part 1 : “Reports of Research Committees and of Special Investigations”, Washington D.C., 1926, p. 11.

<sup>164</sup> J. Gordon McKay, “The Farmer’s Interest in Various Types of Roads, and its Bearing in Financing Road Building”, *Journal of Farm Economics*, vol. II, n° 4, 1929, p. 550-560.

<sup>165</sup> Highway Research Board, *Proceeding of the Annual Meeting*, vol. 15, 1937, p. 14 (“Traffic Survey Methods and Forms”, J. G. McKay Chairman).

<sup>166</sup> Oswald Milton Elvehjem, *The Effect of Highway Improvement Upon the Value of Agricultural Land*, Ph.D. dissertation, University of Wisconsin-Madison, 1925 ; J.G. McKay et O. M. Elvehjem, “The Main Highway Transportation Survey. A Preliminary Report”, *Public Roads*, vol. 6, n° 3, 1925, p. 45-58.

<sup>167</sup> *Norwich University 1819-1911. Her History, Her Graduates, Her Roll of Honor*, Published by Major-General Grenville M. Dodge, C.E. A.M., LL.D., compiled and Edited by William Arba Ellis, B.S., A.M., vol. 3, Montpelier, Vt., The Capital City Press, 1911, p. 687; *Publications of the Clark University Library*, Worcester, Mass, vol. 6, December 1920, n° 3, List of Degrees granted at Clark University and Clark College, 1899-1920, compiled by N. Wilson, Master of Arts Mathematics, Degrees Granted at Clark, Leroy Elden Peabody,

Traffic Engineers ». En décembre 1924 et septembre 1925, Peabody publie dans le *Journal of the American Statistical Association* deux articles portant sur le trafic ferroviaire<sup>168</sup>. En 1925 toujours, il participe, aux côtés des McKay et O.M. Elvehjem, à l'enquête de trafic réalisée sous la direction du « Bureau of Public Roads » sur l'Etat d'Ohio<sup>169</sup>. Dans les années 1930, Peabody signera de nombreux articles dans l'organe officiel du Bureau résumant les résultats de plusieurs « traffic surveys » entrepris durant la décennie de la « Grande Dépression » sous la houlette de l'institution<sup>170</sup>. Au milieu des années 1930, Peabody peut compter aussi sur les compétences d'autres mathématiciens et économistes de qualité, à l'instar de Willima Arthur Shelton (1878-1966)<sup>171</sup>, titulaire d'un master en économie de l'université de Chicago, et de Charles W. Vickery (1906-1982), auteur d'une thèse de doctorat en mathématiques soutenue à l'université de Texas en 1932<sup>172</sup>. Avec des mathématiciens du calibre de Shelton et de Vickery, le « Bureau of Public Roads » est doté de ressources suffisamment importantes en statistiques pour faire même appel aux nouvelles techniques de l'échantillonnage (« sampling »)<sup>173</sup>.

En 1921, est votée une nouvelle loi fédérale relative au système autoroutier du pays (« 1921 Federal Highway Act ») : prolongeant celle de 1916, la nouvelle loi permet à chaque Etat de bénéficier d'un support financier de la part du gouvernement fédéral pour améliorer son

---

“Continued Fractions of the Second Order, with Bibliography of Continued Fractions”, June 15, 1916, p. 24; *Catalogue of Yale University 1920-21*, New Haven, Published by the University, 1921, p. 196.

<sup>168</sup> Leroy E. Peabody, “Growth Curves and Railway Traffic”, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 19, n° 148, 1924, p. 476-483; Leroy E. Peabody, “A Study of Net Railway Operating Income”, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 20, n° 151, 1925, p. 368-379.

<sup>169</sup> J. Gordon McKay, “Digest of Report of Ohio Highway Transportation Survey”, *Public Roads*, vol. 8, n° 4, 1927, p. 61-71, p. 88 (p. 61).

<sup>170</sup> Sans viser à l'exhaustivité, voir : Leroy E. Peabody: “Highway Traffic Analysis Methods and Results”, *Public Roads*, vol. 10, n° 1, 1929, p. 1-10; “The New Hampshire Traffic Survey”, *Public Roads*, vol. 13, n° 8, 1932, p. 131-136; “Some Characteristics of Traffic on New Jersey Highways. Extracts from a Report on the New Jersey Survey”, *Public Roads*, vol. 16, n° 2, 1935, p. 17-31; “Digest of Report on Connecticut Traffic Survey”, *Public Roads*, vol. 16, n° 11, 1936, p. 225-237, p. 240; “Applications of Automatic Traffic Recorder Data in Highway Planning”, *Public Roads*, vol. 21, n° 11, 1940, p. 203-222.

<sup>171</sup> Sur Shelton, voir :

[http://freepages.genealogy.rootsweb.ancestry.com/~clark42/ps01/ps01\\_432.html](http://freepages.genealogy.rootsweb.ancestry.com/~clark42/ps01/ps01_432.html) (17 mars 2013).

<sup>172</sup> John Parker, *R.L. Moore, Mathematician & Teacher*, Austin : The Educational Advancement Foundation ; Washington, D.C. : The Mathematical Association of America, 2005 (une brève notice biographique sur Vickery se trouve p. 343).

<sup>173</sup> Voir, par exemple: W. Arthur Shelton, “Methods of Estimating Highway Traffic Volume”, dans Highway Research Board, *Proceedings of the sixteenth Annual Meeting, Held at Washington, D.C.*, November 18-20 1936, Washington, D.C., p. 239-252; C.W. Vickery, “Improvement of Methods Used in the Highway Planning Surveys”, Highway Research Board, *Proceedings of the Twenty-first Annual Meeting, Held at The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, December 2-5, 1941*, Washington, D.C., p. 88-109.

réseau, à condition toujours que les projets soumis à l'Administration fédérale obtiennent l'approbation du « Bureau of Public Roads » (BPR). Jouant un rôle important dans le développement du réseau national durant les années 1920 – qui a doublé en l'espace de dix ans, en passant de 387 000 à 830 000 miles<sup>174</sup> –, le « 1921 Federal Highway Act » déclenche de nombreuses enquêtes censées aider les ingénieurs des Etats et le personnel du BPR, travaillant côte à côte, à faire le meilleur usage possible des deniers publics<sup>175</sup>. Ce mouvement sera accéléré durant la Grande Dépression. Les enquêtes de trafic, comme tout type d'enquêtes par ailleurs<sup>176</sup>, vont alors largement bénéficier du « New Deal » proposé par Roosevelt au peuple américain ainsi que de son grand programme de travaux publics visant à mettre la « nation au travail », pour employer une expression américaine<sup>177</sup>. Mais il y a plus : indépendamment de la réalisation ou pas de grands travaux d'infrastructure, les enquêtes sont en elles-mêmes des dispositifs capables de participer activement à la lutte contre le chômage dans la mesure où elles mobilisent beaucoup de main d'œuvre<sup>178</sup>. Ayant la chance de dépendre du « Department of Agriculture », une structure étatique qualifiée de « an island of state strength in an ocean of weakness »<sup>179</sup> au moment où le « New Deal » commence à chercher sa voie, le Bureau disposera même de moyens d'action accrus pour entreprendre des

---

<sup>174</sup> Robert Earl Heightchew, Jr., P.E., *On the Evolution of Urban Transportation Planning Theory and Technique in the United States*, Ph.D. dissertation, University of Maryland, 1981, p. 59.

<sup>175</sup> Pour les anciens « traffic surveys », réalisés par le « Bureau of Public Roads » avant les années 1920, voir : A. N. Johnson, « The Traffic Census », *Public Roads*, vol. 3, n° 27, 1920, p. 16-27.

<sup>176</sup> Pour une vue d'ensemble, voir les travaux de Emmanuel Didier, *En quoi consiste l'Amérique? Les statistiques, le New Deal, et la démocratie*, Paris, Editions La Découverte, 2009 ; *Id.*, « Counting on Relief: Industrializing the Statistical Interviewer during the New Deal », *Science in Context*, vol. 24, n° 2, 2011, p. 281-310 ; *Id.*, « Sampling and Democracy : Representativeness in the First United States Surveys », *Science in Context*, vol. 15, n° 3, 2002, p. 427-445 ; *Id.* « Quelles cartes pour le New Deal ? De la différence entre gouverner et discipliner », *Genèses*, n° 68, septembre 2007, p. 48-74.

<sup>177</sup> Nick Taylor, *American-made, the Enduring Legacy of the WPA : When FDR Put the Nation to work*, New York, Bantam Books, 2008.

<sup>178</sup> Dans un manuel produit pour le compte de la « Federal Emergency Relief Administration », créée en novembre 1933, et à destination des gouvernements municipaux, on lit, en effet, que le « traffic survey » n'est pas seulement utile dans la lutte contre la congestion et les accidents mais que « it helps answer the problem of what kind of work to give the so-called 'white-collar' class ». Voir S. J. Williams et P. J. Stupka (sous la dir. de), *Engineering Manual for Traffic Surveys*, *op. cit.*, p. 1. Le « Bureau of Public Roads » tient à la même époque un discours identique : « it is the intention so to develop the methods to be employed in the work proposed as to use a maximum of white-collar personnel taken from relief rolls » (H.S. Fairbank; « Rural Highway Planning Survey and Highway Transportation Study » (dactylographié), daté du 1er mai 1935, p. 10). Ce document a été scanné et peut être consulté aux Archives électroniques du « Department of Transportation », à l'adresse : <http://dotlibrary.specialcollection.net/> (1<sup>er</sup> mars 2013).

<sup>179</sup> Theda Skocpol et Kenneth Finegold, « State Capacity and Economic Intervention in the Early New Deal », *Political Science Quarterly*, vol. 97, n° 2, 1982, p. 255-278 (p. 271).



enquêtes, entre autres grâce au « 1934 Hayden-Cartwright Act » qui prévoit un budget spécifique pour ce type d'action<sup>180</sup>.

Il est impossible de donner dans l'espace de ce chapitre des informations sur toutes les enquêtes réalisées sous la direction du « Bureau of Public Roads » (BPR) dans les années 1920 et 1930. Disons ici, que c'est à l'occasion de celles-ci que BPR va commencer à s'occuper d'espaces urbains, à commencer avec l'enquête portant sur Cleveland en 1927<sup>181</sup>, qui marque l'étape la plus importante sur le chemin qui mène le Bureau vers la ville. Le « Cleveland survey » est la première véritable enquête urbaine du BPR, tout en constituant la plus ample enquête origine-destination réalisée jusqu'alors. En effet, le trafic a été mesuré à pas moins de 973 points dans la région. La raison qui explique le recours à un réseau métrologique si étendu est l'ampleur des nouvelles infrastructures projetées et dont la conception rationnelle demande, d'après les ingénieurs de l'époque, des informations précises sur les pratiques de mobilité des habitants. Par rapport aux données recherchées jusqu'alors, l'enquête de Cleveland se différencie des pratiques existantes sur une série de points. Outre la traditionnelle recherche des origines et des destinations des déplacements, les conducteurs interviewés à des postes d'observation installés sur le réseau ont dû fournir d'autres informations relatives à leur voyage: « the route followed; a description of the route traveled, if indirect, and the reason for choosing it; whether the trip was made regularly a certain number of times per day or week; and, in the case of vehicles traveling through the city of Cleveland, whether the driver would, if proper highway facilities were provided, prefer to avoid driving through the down-town business section of the city »<sup>182</sup>.

Une mise en regard des enquêtes produites sous l'égide du « Bureau of Public Roads » dans les années 1920 et de la nouvelle vague des « traffic surveys » après 1935 montre que l'argent investi a produit des effets. L'apparition d'une nouvelle expression, celle d'"enquête sur les usages de la route" (« road-use survey »), qu'on oppose à l'enquête de trafic traditionnelle (« traffic survey »), symbolise le chemin parcouru : "Traffic surveys involve the actual observance of the vehicles at some point of their travel on a given trip, whereas the road-use

---

<sup>180</sup> Robert Earl Heightchew, Jr., P.E., *On the Evolution of Urban Transportation Planning Theory and Technique in the United States*, Ph.D. dissertation, University of Maryland, 1981, p. 100.

<sup>181</sup> "A Study of Highway Traffic in the Cleveland Regional Area: Synopsis of a Report on a Cooperative Investigation by the United States Bureau of Public Roads and Highway Authorities of the Cleveland Area", *Public Roads*, vol. 9, n° 7, 1928, p. 129-138.

<sup>182</sup> *Ibid.*, p. 133.

surveys depend upon interviews with the owners of motor vehicles. In the traffic survey the observance of the vehicle at one or more points in a particular trip may be supplemented by questioning the driver concerning that particular trip. The road-use surveys depend upon interviews with the owners of motor vehicles during which a complete enumeration made of all or a large part of the travel performed in the vehicles of the interviewed owners throughout a specified period of time, usually 12 months”<sup>183</sup>. Pour réaliser ce nouveau type d’enquête, les ingénieurs du Bureau avaient mis en place deux méthodes: “The first of these methods employed parties of full-time salaried interviewers; while the second method was based upon the collection of interviews through the public schools. In the latter method, high school pupils were instructed in the procedure used to obtain driver interviews. The usual practice was to have each student obtain an interview based upon the travel of the family automobile and if possible an extra interview from a friend or neighbor. Excellent results were obtained with both methods”<sup>184</sup>. C’est durant ces mêmes “road-use surveys” que les ingénieurs travaillent de façon plus systématique que par le passé pour classer les déplacements observés à partir des motifs qui les animent<sup>185</sup>. Ainsi, il y a des voyages pour “Business use”<sup>186</sup> et “Pleasure use”<sup>187</sup>, alors qu’à partir de 1937, les déplacements impliquant des enfants forment une classe à part (“Social use”), et les déplacements relevant de la catégorie « Pleasure » sont rebaptisés « Recreational ».

Nous venons de le voir, dès les années 1910, mais surtout durant les deux décennies suivantes, le nombre des enquêtes visant à cerner de près les déplacements (par automobile surtout) des Américains, en ville mais aussi entre centres urbains, n’ont cessé d’augmenter. L’importance que cet outil a pris dans le travail ordinaire de l’ingénieur du trafic, membre d’une communauté professionnelle alors en pleine expansion, s’est traduite par une transformation progressive de ces enquêtes, marquées à leurs origines du sceau de leurs créateurs, en objets de plus en plus standardisés, et, de ce fait, susceptibles de circuler sans

---

<sup>183</sup> T.M.C Martin et Homer L. Baker, “The Application of Road-use Survey Methods in Traffic Origin and Destination Analysis”, *Public Roads*, vol. 22, n° 3, 1941, p. 59-62 (p. 59).

<sup>184</sup> *Ibid.*, p. 59.

<sup>185</sup> Robert H. Paddock, “Some Characteristics of Motor Vehicle Travel”, *Public Roads*, vol. 23, n° 2, 1942, p. 17-29 (p. 18).

<sup>186</sup> “Trips to regular business or work, other business trips, hauling milk, farm produce, etc., trips to market, to the railroad or bus station, shopping trips, and taking children to and from school” (in *ibid.*, p. 18).

<sup>187</sup> “All other travel such as going to games, week-end vacation trips, hunting, fishing, and holiday trips, going to the theatre, dancing or visiting, and Sunday and evening drives” (in *ibid.*, p. 18).

entraves à travers le territoire américain et être facilement appropriés par le professionnel souhaitant utiliser l'outil dans sa propre localité. On trouve ici les deux opérateurs classiques de la transformation d'une réalité d'abord instable, car fortement dépendante des conditions particulières qui entourent sa naissance, à un objet consolidé, aux traits de plus en plus standards : la *production scripturale*, en particulier sous la forme de manuels spécialisés ou de chapitres dédiés à l'objet au sein des traités à visée plus générale, d'une part, l'*enseignement*, de l'autre. Ainsi, le « New Deal » à peine commencé, l'enquête cordon occupe la section n° 15 de l'*Engineering Manual for Traffic Surveys* (1934)<sup>188</sup>. Les enquêtes cordon et origine-destination alimentent le sixième chapitre, intitulé « Traffic Surveys and Studies », du *Traffic Engineering Handbook* publié en 1941<sup>189</sup>. Les compagnies d'assurance, plus intéressées par des données sur les accidents que sur les déplacements, semblent par ailleurs avoir formé l'avant-garde de ce mouvement de diffusion à grande échelle des techniques d'enquêtes de trafic à travers des manuels, puisque la « Metropolitan Life Insurance Company » édite, en 1932, l'*Organizing for a Traffic survey*, et, en 1937, l'« Association of Casualty and Surety Companies. Accident Prevention Department » son *Traffic Survey Manual*<sup>190</sup>. Quelques années plus tard, en 1945, les assureurs toujours sortent le *Manual of Traffic Engineering Studies* qui comprend deux chapitres sur les enquêtes cordon et les enquêtes origine-destination respectivement<sup>191</sup>. Un autre canal à travers lequel ces techniques d'enquête sont devenues un bien partagé par la communauté des ingénieurs du trafic est l'enseignement, notamment celui assuré par le « Bureau for Street Traffic Research » d'abord à Harvard, ensuite à « Yale University ». Plusieurs documents relatifs aux cours dispensés dans cette institution à la fin des années 1930 et dans les années 1940 témoignent de la place importante que ces techniques d'enquête occupent dans la formation de l'ingénieur du trafic (notons que de nombreuses publications traitant de la question des « traffic surveys » parues dans *Public Roads* alimentent les listes de lecture, très à jour, proposées aux étudiants)<sup>192</sup>. Signalons enfin

---

<sup>188</sup> S. J. Williams et P.J. Stupka (sous la dir. de), *Engineering Manual for Traffic Surveys*, *op. cit.*, section 15.

<sup>189</sup> H. F. Hammond et L. J. Sorenson (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, *op. cit.*

<sup>190</sup> Metropolitan Life Insurance Company. Policyholders' Service Bureau, *Organizing for a Traffic survey*, New York, 1932; Association of Casualty and Surety Companies. Accident Prevention Department, *Traffic Survey Manual*, National Conversation Bureau, a division of Association of Casualty and Surety Executives, New York, 1939 (1er éd. 1937).

<sup>191</sup> *Manual of Traffic Engineering Studies*, New York, Published by the Accident Prevention Department of the Association of Casualty and Surety Companies, 1953 (2e éd. ; 1<sup>re</sup> éd.: 1945), study n° 10: "Cordon Count"; Study n° 19: "Origin and Destination".

<sup>192</sup> Ainsi dans une brochure annonçant des bourses disponibles pour l'année académique 1945-46, on lit que l'enseignement dispensé contient des "studies of traffic origin and destination" (Yale University, *Fellowships in Traffic Engineering, Bureau of Highway Traffic for the Academic Year 1945-1946*). Voir aussi : Yale University,

un autre lieu de diffusion de savoirs relatifs à ces enquêtes, le « Highway Research Board » (HRB), doté, comme nous l'avons vu, d'un « Committee on Highway Traffic Analysis » dès 1922. Dominé durant la période de l'entre-deux-guerres par le « Bureau of Public Roads », le Board va assurer la diffusion au sein de la communauté des ingénieurs du trafic des techniques élaborées par Bureau, dont les membres republient souvent dans les supports du HRB des textes déjà parus dans l'organe officiel de leur institution, *Public Roads*.

Les années de l'entre-deux-guerres sont donc marquées par la production d'une avalanche de chiffres concernant le trafic automobile, qu'il soit intra-urbain ou inter-villes. Ces données concernent des situations présentes, mais elles seront vite mises au service du futur. En effet, si le « traffic engineer » s'intéresse à ce qui se passe devant ses yeux, c'est pour remplacer, par des aménagements ou des transformations plus radicales, les structures existantes par des réalités nouvelles, capables de transporter dans le futur de plus en plus d'Américains avec économie, célérité et sécurité. Pour ce faire, on se contente souvent d'utiliser directement les données obtenues par les enquêtes. Mais il serait étonnant que le futur n'appelle pas le futur, et que l'idée de *prédiction*, à l'aide de modèles, des informations portant sur le futur ne commence pas à effleurer l'esprit des ingénieurs du trafic de l'époque. Tout au long des années de l'entre-deux-guerres, on peut aisément récolter ici et là plusieurs réflexions qualitatives sur les facteurs à prendre à compte dans la construction d'un *modèle de prévision du trafic*, réflexions que l'on retrouvera sous forme opérationnelle après la seconde guerre mondiale<sup>193</sup>. Mais il y a plus. Quelques tentatives de prédiction du trafic pour les années à venir à l'aide de modèles sont enregistrées déjà dans les années 1920 et 1930.

La majorité écrasante de ces efforts a comme acteur le « Bureau of Public Roads » (BPR)<sup>194</sup>. C'est à l'occasion de l'enquête portant sur l'Etat du Maine et dont le travail de terrain s'est

---

Bureau for Street Traffic Research, *Transportation 111, Reading List n° 1*, Due October 14, 1940, dactylographié (sans date); Yale University, Bureau for Street Traffic Research, *Transportation 113, Reading List n° 2*, dactylographié (sans date); Yale University, Bureau for Street Traffic Research, *Transportation 113, Outline of Course Topics*, dactylographié (sans date) (Tous ces documents peuvent être consultés à la "Frances Loeb Library at the Graduate School of Design – Harvard University").

<sup>193</sup> Nous allons revenir, par exemple, sur un texte de F.H. Knight paru en 1924 (« Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 38, n° 4, 1924, p. 582-606) dans le chapitre 4.

<sup>194</sup> Des (rares) tentatives d'autres acteurs sont rapportées par Robert W. Paterson, *Forecasting Techniques for Determining the Potential Demand for Highways*, Columbia, University of Missouri, 1966.

étalé du 1<sup>er</sup> juillet au 31 Octobre 1924<sup>195</sup> que l'on fait appel à un modèle de nature statistique et qu'on traite avec la méthode des moindres carrés, qui fait partie de l'outillage intellectuel de l'époque<sup>196</sup>. Les données de départ sont le trafic observé sur les routes de l'Etat pendant une semaine pour chacune des années entre 1916 et 1923, d'une part, l'évolution des voitures immatriculées et la population de cet Etat pendant la même période, de l'autre. On constate alors que le rythme de l'évolution du trafic et celui du nombre des voitures immatriculées sont très proches. On arrive à établir également une corrélation entre la population et le nombre de voitures immatriculées. « (P)rovided there is no important change in the average annual use per vehicle », une projection de la population pour l'année 1930 suffit pour obtenir une prévision du nombre des voitures immatriculées pour la période 1924-1930, et ensuite, étant donné que le ratio « volume de trafic/nombre de voitures immatriculées » est constant, la prévision recherchée du trafic sur le réseau. Le Bureau va appliquer cette technique de prévision dans plusieurs enquêtes faites en collaboration avec les « Highways Departments » des différents Etats de la confédération dans les années 1920<sup>197</sup>. Au début de la décennie suivante, tout en gardant la même méthodologie, les spécialistes du « Bureau of Public Roads » vont procéder à un changement des variables utilisées pour la prévision du trafic, dans la mesure où l'étude des données accumulées « indicates a much closer relationship between gasoline consumption and traffic volume than between registration and traffic volume »<sup>198</sup>. Une explication même de cette (meilleure) corrélation entre consommation de carburant et trafic est donnée plus tard : « A comparison of trends of traffic and gasoline consumption, however, indicated that traffic expansion followed even more closely the expansion in gasoline, because it reflected not only car ownership, but car usage as well »<sup>199</sup>.

---

<sup>195</sup> J. Gordon McKay et Oswald Milton Elvehjem "The Main Highway Transportation Survey. A Preliminary Report", *Public Roads*, vol. 6, n° 3, 1925, p. 45-58.

<sup>196</sup> E.L. Lehmann, « On the History and Use of Some Standard Statistical Models », *Probability and Statistics: Essays in Honor of David A. Freedman*, vol. 2, Institute of Mathematical Statistics, 2008, p. 114-126; Michel Armatte, *Histoire du modèle linéaire: formes et usages en statistique et économétrie jusqu'en 1945*, thèse de doctorat, EHESS, 1995.

<sup>197</sup> Voir par exemple : J. Gordon McKay, "Digest of Report of Ohio Highway Transportation Survey", *Public Roads*, vol. 8, n° 4, 1927, p. 61-71 et passim 88 (prévisions pour les années 1930 et 1935); J. Gordon McKay, "Digest of Vermont Highway Transportation Survey", *Public Roads*, vol. 8, n° 10, 1927, p. 215-224 et passim (prévision pour l'année 1936).

<sup>198</sup> L. E. Peabody "The New Hampshire Traffic Survey", *Public Roads*, vol. 13, n° 8, 1932, p. 131-136 (p. 132).

<sup>199</sup> N. Cherniack, "Measuring the Potential Traffic of a Proposed Vehicular Crossing", *Transactions of the American Society of Civil Engineers* (avec discussion), Paper n° 2109, février 1940, p. 520-576 (p. 539).

Si le « Bureau of Public Roads » domine la scène des enquêtes de trafic durant l'entre-deux-guerres, il ne l'habite pas tout seul. Nous avons vu que les villes américaines ont été aussi actives dans la mise en place des enquêtes cordon et des enquêtes origine-destination à partir de la seconde moitié des années 1910. Deux d'entre elles, Boston<sup>200</sup> et New York<sup>201</sup>, pratiquement à la même époque, au milieu des années 1920, vont tenter de prévoir le futur trafic dans les réseaux de leur région métropolitaine, en se montrant même bien plus téméraires que le « Bureau of Public Roads » dans la mesure où elles vont se projeter aussi loin dans le temps que l'année 1965. Pour ce faire, elles vont recourir à une modélisation plus sophistiquée que le modèle basé sur des corrélations (statistiques) que nous venons de discuter et qui annonce des techniques de prévision qui vont refaire surface quelque trente ans plus tard. La coïncidence dans le temps et la similarité de la démarche ne doivent étonner : les auteurs de la modélisation new-yorkaise et bostonienne se connaissent très bien et ont travaillé ensemble à plusieurs occasions<sup>202</sup>. Voici comment Harold M. Lewis et Ernest P. Goodrich, le futur premier président de l'« Institute of Traffic Engineers »<sup>203</sup>, annoncent les principes de base du modèle utilisé à l'occasion du « Regional Plan of New York and its Environs »<sup>204</sup>, en devenant les « Newtons » des attractions des flux de trafic entre les différentes zones de la ville: « The general theory was based upon the primary assumption that the amount of inter-district traffic originating in any one of the districts is proportional to the automobile registration within that district (...). The second basic was that traffic from any

---

<sup>200</sup> Robert Herbert Whitten, «The Traffic Analysis and Forecast and its Relation to Thoroughfare Planning», *Planning Problem of Town City and Region* (the 21<sup>st</sup> National Conference on City Planning, 1929), Philadelphia, W.F. Fell Co, 1929, p. 179-196 (avec discussion). Une brève présentation de ce dernier texte se trouve dans R. E. Barkley, *An Annotated Bibliography on Traffic Volume Studies and Origin-Destination Surveys*, *op. cit.*, p. 46-47. Sur les travaux de Robert Harvey Whitten (1873-1936) sur Boston, voir Asha Elisabeth Weinstein, *The Congestion Evil : Perceptions of Traffic Congestion in Boston in the 1890s and 1920s*, Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley, automne 2002.

<sup>201</sup> Harold M. Lewis (Executive engineer, Regional Plan of New York), in consultation with Ernest P. Goodrich (Consultant on Traffic Studies, Regional Plan of New York), *Highway Traffic, Including a Program, by Nelson P. Lewis, for a Study of All Communication Facilities Within the Region of New York and its Environs*, Regional Survey. Volume III, New York, Committee on Regional Plan of New York and its Environs, 1927 (en particulier, Appendix D: «The Distribution Method of Estimating Future Traffic, and its Application to Estimates of Traffic Between Manhattan and New Jersey» (p. 150-154)).

<sup>202</sup> Voir, par exemple: E. P. Goodrich et R.H. Whitten, *City Plan of the City of White Plains*, New York, 1928.

<sup>203</sup> On a déjà rencontré Lewis à plusieurs reprises. Sur Ernest P. Goodrich (1874-1955), voir : Institute of Transportation Engineers, *Pioneers of Transportation*, *op. cit.*, p. 13.

<sup>204</sup> Harvey A. Kantor, « Charles Dyer Norton and the Origins of the Regional Plan of New York », dans D. A. Krueckeberg (éd.), *The American Planner: Biographies and Recollections*, *op. cit.*, p. 163-181.

one district would be distributed to all other districts inversely in proportion to their distances from that district”<sup>205</sup>.

Au seuil des années 1940, en partie grâce à la Grande Dépression, favorable aux grands travaux, une culture et une pratique même de (proto)modélisation des déplacements urbains est bien installée aux Etats-Unis. Le grand embrasement mondial va faire taire un peu cette culture, mais comme souvent, on ne recule pour mieux sauter.

---

<sup>205</sup> M. Lewis (Executive engineer, Regional Plan of New York), in consultation with Ernest P. Goodrich (Consultant on Traffic Studies, Regional Plan of New York), *Highway Traffic...*, *op. cit.*, p. 150.





## CHAPITRE 2

### La modélisation des déplacements urbains arrive à maturité (vers 1945-vers 1970)

#### Prologue

William Lee Mertz (1920-1993), fils d'un agriculteur de l'Oregon, avait 29 ans quand il a rejoint, le 15 juillet 1949<sup>206</sup>, à titre probatoire (« probational appointment), le « Bureau of Public Roads » (BPR) avec un diplôme d'ingénieur en génie civil du « Kansas State College » en poche et la promesse de gagner 2974,80 dollars par an – le « patron » de l'institution en gagnait à l'époque autour de 15 000 et le Président de sa nation quelque 100 000 dollars<sup>207</sup>. Après avoir complété le programme de formation-maison du BPR, étalé sur trois ans et destiné à transformer les jeunes recrues en ingénieurs dignes de l'histoire de leur nouvel employeur, Mertz participe à une série de projets routiers avant de découvrir sa vocation : la planification des transports urbains (« urban transportation planning »). Au milieu des années 1950, il déménage à Washington (D.C.) pour se transformer, de 1955 à 1959, en « something of a computer nut »<sup>208</sup>. L'occasion de cette transformation : une grande étude de transports pour la région métropolitaine de la capitale fédérale, assurée par le bureau d'études « Wilbur Smith and Associates » sous la direction d'un certain Houston Wynn<sup>209</sup>. Ce bureau avait contacté alors la firme « Ernest E. Blanche & Associates », localisée dans le Maryland pour ses compétences en matière de traitement statistique des données et de programmation informatique. Fondée par Ernest E. Blanche, qui outre la fonction de Président de la firme, assurait en même temps un professorat dans les domaines des mathématiques et de la statistique à l'« American University » (Washington, D.C.)<sup>210</sup>, la firme était alors chargée

---

<sup>206</sup> Bureau of Public Roads, General Service Administration, *Notification of Personnel Action* (Archives personnelles de William L. Mertz : George Mason University Libraries, C0050, Box 26, Folder 67).

<sup>207</sup> *Official Register of the United States, 1952, Persons Occupying Administrative and Supervisory Position in the Legislative, Executive, and Judicial Branches of the Federal Government, and in the District of Columbia Government, as of May, 1, 1952*, Washington, U.S. Government Printing Office, 1952, p. 450 et p. 15.

<sup>208</sup> Lee Mertz, « Memories of 499 », texte disponible à l'adresse suivante :

<http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/memories.cfm> (18 mars 2013). Quand je ne donne pas de précisions supplémentaires, je puise dans ce document de nature autobiographique.

<sup>209</sup> F. H. Wynn, « Studies of Trip Generation in the Nation's Capital, 1956-58 », *Highway Research Board Bulletin*, n° 230, 1959, p. 1-52.

<sup>210</sup> Ernest F. Blanche, « Applying New Electronic Computers to Traffic and Highway Problems », *Traffic Quarterly*, juillet 1957, p. 406-416; Dr. Ernest E. Blanche, « The Use of UNIVAC in Processing and Analyzing

d'assurer, à l'aide de moyens informatiques justement, l'exploitation de l'enquête origine-destination réalisée en 1955 pour Washington et d'utiliser les informations recueillies pour des prédictions de trafic pour les années 1965 et 1980. L'ordinateur en question était un vieux « UNIVAC I », installé dans les locaux d'une agence fédérale, le « U.S. Census Bureau ». Décidemment captivé par l'informatique, Mertz obtient de son patron de l'époque, John Lynch, l'autorisation de suivre « a two-week IBM 705 computer school ». Les liens de Mertz avec les ordinateurs, qui n'avaient pas encore pénétré le « Bureau of Public Roads », sont devenus encore plus étroits après un stage de l'auteur dans une autre agence fédérale, le « National Bureau of Standards », célèbre organisme public de recherche et développement fondé en 1901. Lee Mertz atterrit alors, nous sommes toujours au milieu des années 1950, au « computer lab » de l'institution, où il est placé sous la tutelle intellectuelle d'une « mathématicien-programmer » au nom de Sally Peavey, qui figure parmi les auteurs d'un célèbre programme (logiciel) d'analyse statistique et d'analyse numérique du nom de OMNITAB 80<sup>211</sup>. Etant en train de devenir en quelque sorte le spécialiste-maison du « Bureau of Public Roads » dans le domaine de l'informatique, Mertz se voit confiée, durant son stage au « National Bureau of Standards » (NBS), la mission de tester une technique de prévision de trafic que Thomas Fratar, travaillant à l'époque pour le bureau d'études « Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton », venait de mettre au point (*infra*). A l'époque, NBS disposait d'un ordinateur fabriqué maison du nom de SEAC (« Standards Eastern Automatique Computer »), machine rendue opérationnelle en 1950, très rapide et très convoitée par les agences fédérales non équipées encore en moyens informatiques à cette époque, à l'instar du « Bureau of Public Roads »<sup>212</sup>. Pendant huit mois, Mertz va développer au NBS la librairie de programmes nécessaires pour le test à entreprendre, mais vu le volume de données à traiter et à éditer pour ce travail d'évaluation, il a dû prendre pendant plusieurs jours le train de 8 heures du matin pour se rendre au siège social de la firme géante

---

Origin-Destination Data for the Washington, D.C. Metropolitan Area”, communication présentée à “Western Regional Conference on Increasing Highway Engineering Productivity” à Los Angeles, 5 mars 1957. Ces deux documents se trouvent dans : Archives personnelles de William L. Mertz : George Mason University Libraries, C0050, Box 26, Folder 110 et Folder 109, respectivement.

<sup>211</sup> Voir : Sally T. Peavy, Shirley G. Brenner, Ruth N. Varner, David Hogben, *OMNITAB 80: An Interpretive System for Statistical and Numerical Data Analysis*, NBS Special Publication 701, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, U.S. Government Printing Office, Washington, novembre 1986 (le document contient un bref historique du logiciel, conçu au début des années 1960 : in *ibid.*, p. 1-2).

<sup>212</sup> Sur le « Standards Eastern Automatique Computer » (SEAK), voir : Ralph J. Slutz, « Memories of the Bureau of Standards' SEAC », dans N. Metropolis, J. Howlett, Gian-Carlo Rota (éd.), *A History of Computing in the Twentieth Century: A Collection of Essays*, New York, Academic Press, 1980, p. 471-477.

« DuPont »<sup>213</sup> à Wilmington, où on venait d'installer une machine IBM 705 toute neuve, bien plus puissante que le vieux SAEC du « National Bureau of Standards ».

Fort de ses compétences récemment acquises en matière de programmation informatique, Mertz commence alors à arpenter le pays pour « vendre » auprès des ingénieurs du trafic impliqués dans des projets de conception d'autoroutes urbaines, qui se multipliaient après le passage du « Highway Act » de 1956, sa version informatisée de la méthode « Fratar »<sup>214</sup>, qui a les faveurs du « Bureau of Public Roads » à l'époque. A travers ses périples, nous sommes toujours dans la seconde moitié des années 1950, Mertz entre en contact avec d'autres « traffic engineers », qui, convaincus aussi de l'utilité de la modélisation et de l'usage des moyens informatiques pour une planification rationnelle des futures infrastructures de transports, se lancent également dans la modélisation des déplacements urbains en produisant à leur tour une modélisation différente de celle proposée par Fratar pour la prédiction du trafic. Parmi les équipes les plus productives de l'époque, voire la plus originale, on compte celle constituée autour d'un certain J. Douglas Carroll, Jr. au sein du « Chicago Area Transportation Study » (CATS), une agence de planification créée au milieu des années 1950 avec pour objectif d'établir le plan de transport pour la région métropolitaine de la ville de Chicago à l'horizon 1980, et dont les travaux sont, en partie, financés par le « Bureau of Public Roads ». Entouré de plusieurs modélisateurs brillants au sein du CATS, Carroll n'en entame pas moins une collaboration avec l'« Armour Research Corporation », qui développe alors pour lui un modèle d'affectation du trafic sur les différents arcs d'un réseau autoroutier pour les voitures (c'est la dernière étape de la modélisation à quatre étapes, cf. Introduction générale). Carroll est alors à la recherche d'un ordinateur puissant pour appliquer cette nouvelle technique d'affectation à l'ensemble du réseau de la région métropolitaine de Chicago. Mertz, sollicité également par des collègues à Washington, D.C., aussi préoccupés

---

<sup>213</sup> Sur « DuPont », parmi les firmes pionnières en matière de R&D, voir, par exemple: Pap Ndiaye, *Du nylon et des bombes : Du Pont de Nemours, le marché et l'Etat américain, 1900-1970*, Paris, Belin, 2001.

<sup>214</sup> *Electronic Computer Program for Forecasting Interzonal Traffic Movements (Fratar Method)* (BPR Program N° T-1, Developed by Bureau of Public Roads, Division of Development), Washington, D.C., Division of Development, Office of Operations, Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, sans date. Souhaitant avoir l'outil le plus opérationnel possible, Mertz adapte son programme aux différents types de supports techniques de l'époque. Le rapport est composé de trois parties: "Part I : "Fratar Method for Conventional Punched Card Equipment or Externally Programmed Electronic Computer with Limited Storage"; Part II : "Fratar Method for Intermediate Size Computers"; Part III : "Fratar Method for Large High Speed Computers" (Archives personnelles de William L. Mertz : George Mason University Libraries, C0050, Box 18, Folder 36). Mertz a présenté, avec son collègue au « Bureau of Public Roads », Glenn E. Brokke, les résultats de ce travail dans l'organe officiel de leur institution: Glenn E. Brokke et William L. Mertz, « Evaluating Trip Forecasting Methods with an Electronic Computer », *Public Roads*, vol. 30, n° 4, 1958, p. 77-87 (le texte est reproduit dans : *Highway Research Board Bulletin*, n° 203, 1958, p. 52-75).

que Carroll par le même problème, entre en contact avec le « Computer Department » de « General Electric », localisé dans la région métropolitaine de Phoenix en Arizona, très actif dans le domaine naissant de l'informatique<sup>215</sup> et qui disposait de la machine la plus puissante de l'époque, un IBM 704. Qui plus est, « General Electric » avait déjà mis un pied dans le domaine des transports, car son ordinateur avait été utilisé déjà pour le traitement de l'enquête origine-destination de la ville de Phoenix. Par l'intermédiaire de Mertz et de son collaborateur au « Bureau of Public Roads » (BPR) Glenn Brokke, « General Electric » est alors chargée par BPR d'aider ce dernier à concevoir des programmes informatiques pour l'affectation du trafic sur les différents arcs du réseau. Suite aux efforts combinés du « District of Columbia Department of Highways and Traffic », du « Minnesota Department of Highways », du « Bureau of Public Roads » et du « General Electric Computer Department », de son employé Paul Jennings en particulier<sup>216</sup>, à la fin de l'année 1959, on disposait du premier programme informatique d'affectation opérationnel pour IBM 704 (modèle créé en 1955)<sup>217</sup>. Lee Merz va adapter ce programme initial à d'autres supports informatiques, et avec quelques collaborateurs ils vont initier plusieurs membres de son institution, mais aussi d'autres ingénieurs du trafic venant des villes ou des « State Highway Departments » à travers le territoire national, à l'usage de ces programmes informatiques<sup>218</sup>. Tout au long des années 1955-1960, Mertz a beaucoup voyagé, nous l'avons vu, et noué de nombreux contacts à travers le pays. Le 9 janvier 1961, il aura l'occasion de revoir un bon nombre de ses contacts à Washington, ou d'échanger avec des représentants de leur institution, lors de la rencontre annuelle du « Highway Research Board » (HRB), dans le cadre de la session organisée par l'« Origin&Destination Surveys Committee », le comité du Board qui s'occupe plus

---

<sup>215</sup> Sur le «Computer Department» de «General Electric», voir : John A.N. Lee, «The Rise and Fall of the General Electric Corporation Computer Department», *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 17, n° 4, 1995, p. 24-45; H John A.N. Lee et George E. Snively, «The Rise and Sale of the General Electric Computer Department : A Further Look », *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 22, n° 2, 2000, p. 53-60.

<sup>216</sup> U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, Urban Planning Division, *Traffic Assignment Manual for Application with a Large, High Speed Computer*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, juin 1964, «Appendix» où tous les programmes informatiques sont présentés de façon succincte et les noms de leurs auteurs sont également mentionnés.

<sup>217</sup> *Electronic Computer Program for Assignment of Traffic to Street and Freeway Systems* (BPR Program n° T-6, Developed by Bureau of Public Roads, Division of Development), Washington, D.C., Division of Development, Office of Operations, Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, sans date ; *Manual for Traffic Assignment Programs, Phoenix, Computer Department-General Electric*, sans date; W. Lee Mertz, *Traffic Assignment to a Highway Network by the Minimum Path Method, II. Calculation of Trees (Minimum Path Routes)*, septembre 1960 (Archives personnelles de William L. Mertz : George Mason University Libraries, C0050, Box 18/Folder 10, Box 27/Folder 37, Box 26/ Folder 9, respectivement). Voir aussi Glenn E. Brokke (reported by), «Assigning Traffic to a Highway Network», *Public Roads*, vol. 30, 1959, n° 10, p. 227-231.

<sup>218</sup> Mertz cite les noms des : Bill Boardman, Ed. Sullivan, Geoff Brown, Fred Hood, Dick Cowdery, Les Lamm, Norm Mueller, Art Balek, Bob Puckett, Gene Muhich, Jim McDonnell, Joe Manning, et Art Sossiau.

spécialement de la modélisation des déplacements urbains. Une centaine de personnes font alors partie de la liste des participants dont presque la moitié travaillent pour le compte du gouvernement (fédéral et des Etats). Le « Bureau of Public Roads » domine avec plus de vingt participants, dont Mertz, mais on trouve aussi des représentants d'agences urbaines de planification des transports comme le CATS, des membres de bureaux d'études, dont Fratar, et des universitaires (agences, bureaux et monde académique font globalement jeu égal, avec une quinzaine de représentants pour chaque catégorie d'acteur)<sup>219</sup>.

On aurait pu continuer à suivre Lee Mertz tout au long des années 1960. On va s'arrêter ici cependant, en le remerciant de nous avoir aidé à mettre en scène les différents types d'acteurs – ainsi que les multiples connexions qui les lient – gravitant autour de la modélisation des déplacements urbains entre la fin du second conflit mondial et la fin des années 1960 : le « Bureau of Public Roads », le « Highway Research Board » et les différents « State Highway Departments » bien sûr, déjà connus du lecteur, mais aussi un acteur de type nouveau, la grande agence urbaine de planification des transports, illustrée ici par CATS, des (nouveaux) bureaux d'études spécialisés dans la modélisation des déplacements urbains et producteurs de modèles originaux, comme celui où travaille Thomas Fratar, le monde de la recherche enfin, représenté par l'université et d'autres types d'institution comme le département informatique de « General Electric » par exemple. Mais reprenons le récit là on l'avait laissé à la fin du premier chapitre, au seuil des années 1940.

---

<sup>219</sup> Liste de participants *Attending O&D Surveys Committee Meeting, January 9, 1961*, document dactylographié (Archives personnelles de William L. Mertz : George Mason University Libraries, C0050, Box 27, Folder 11).

## 1945-1955 : un nouvel outil d'enquête origine-destination et l'arrivée des premiers modèles

La fin de la Seconde Guerre mondiale a été pour le monde de l'automobile aux Etats-Unis à la fois un retour aux années qui ont précédé la conflagration et un nouveau départ. Avec la fin des divers rationnements instaurés pendant le déroulement des actions militaires, dont celui sur les carburants et le caoutchouc, et le retour des fabricants d'automobile majeurs, reconvertis dans la production de matériel militaire pendant la guerre, à leurs fonctions civiles de jadis, l'évolution du parc automobile retrouve rapidement ses rythmes passés, et la courbe des voitures immatriculées se met à monter de nouveau<sup>220</sup>. En 1944, le nombre total de véhicules, toutes catégories incluses, circulant sur les routes américaines s'élevait à 30 086 189 (contre 32 035 424 en 1940). En 1946, le parc avoisinait 34 millions, et à la fin de la décennie 44 120 243 unités<sup>221</sup>. Mais la guerre n'a pas été une simple parenthèse dans l'histoire du pays. Plus encore que les années du « New Deal », c'est le conflit qui a convaincu une large partie des élites américaines que l'Etat fédéral devait être un acteur économique de premier ordre, capable de peser positivement par son action, ses dépenses entre autres, sur le développement économique du pays. Forts de cette conviction, les élites américaines, démocrates ou républicaines, vont en effet œuvrer jusqu'aux années 1970, malgré diverses résistances certes, à l'élargissement des prérogatives de l'Etat fédéral. Le monde de l'automobile en général, la modélisation des déplacements urbains, en particulier, seront parmi les grands gagnants de ce nouveau rôle de l'Etat fédéral au sortir de la guerre. Craignant une remontée du chômage suite au désengagement militaire, d'aucuns plaidaient pour des interventions massives de « substitution » de nature civile, dans le domaine des infrastructures, dont le réseau routier, par exemple<sup>222</sup>.

---

<sup>220</sup> Sur l'histoire des Etats-Unis depuis les années 1920, voir les différents volumes de l'« Oxford History of the United States » : David M. Kennedy, *Freedom From Fear : The American People in Depression and War, 1929-1945*, New York, University of Oxford Press, 1999 ; James T. Patterson, *Grand Expectations: The United States, 1945-1974*, New York, University of Oxford Press, 1996 ; James T. Patterson, *Restless Giant: The United States from Watergate to Bush v. Gore*, New York, University of Oxford Press, 2005. Un autre ouvrage récent, de facture plus personnelle, nous a été aussi très utile: Louis Galambos, *The Creative Society - and the Price Americans Paid for it*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012.

<sup>221</sup> Henry K. Evans (éd.), *Traffic Engineering Handbook*, New Haven, Published by Institute of Traffic Engineers, 1950 (2<sup>e</sup> éd.), p. 2. A ces chiffres, on devrait ajouter quelques milliers de « tax-exempt publicly owned » véhicules.

<sup>222</sup> Voir, entre autres : *The Role of the Federal Government in Highway Development. An Analysis of Needs and Proposals for Post War Action*, Printed for the Use of the Special Committee on Post-War Economic Policy and Planning, United States Government Printing Office, Washington, 1944.

Le 20 décembre 1944, le Président Roosevelt signe un nouveau “Federal-Aid Highway Act”, qui prévoit 40 000 miles de “National System of Interstate Highways” que les Etats sont chargés de réaliser sous le contrôle du « Bureau of Public Roads » (BPR). En août 1947, le BPR rend publique la carte de 37 700 miles d’autoroutes déjà dessinées, dont 2 900 en milieu urbain ; en 1955, la partie urbaine du système est réalisée intégralement. Mais si les plans sont là, l’argent fera défaut jusqu’en 1956 (*infra*)<sup>223</sup>. Ce n’est pas très grave, les sommes débloquées par le « Highway Act » de 1944 – 125 millions de dollars fédéraux par an pour une période de trois ans après la fin des hostilités, complétés par un montant équivalent fourni par les Etats sont alors réservées au réseau urbain – sont largement suffisantes pour financer des études, et le « Bureau of Public Roads » est prêt à les utiliser.

Très impliqué dans des nombreuses enquêtes de trafic durant l’entre-deux-guerres, grand promoteur du concept d’autoroute urbaine à partir des la fin des années 1930, qu’il justifie par les chiffres amassés lors de ses enquêtes (ch. 1), l’institution envoie dès juillet 1944 – avant la signature de la législation de 1944 – à ses « Division Engineers » à travers le pays une série de fascicules destinés à former un manuel intitulé « A Study of Traffic Needs in the Metropolitan Area. Manual of Procedures ». Les mêmes ingénieurs vont recevoir entre juin et décembre 1946 une deuxième version du manuel<sup>224</sup>, qui va connaître plusieurs éditions par la suite<sup>225</sup>.

Le document en question veut rendre opérationnel un nouvel outil pour les *enquêtes origine-destination*, capable de guider avec précision le concepteur de futures autoroutes urbaines, que le « Bureau of Public Roads » appelait de ses vœux avant la guerre et que la signature de Roosevelt a fait entrer dans la législation fédérale. A objet original, outil nouveau. Mais

---

<sup>223</sup> Sur le “National System of Interstate Highways”, voir A.E. Johnson (éd.), *A Story of the Beginning, Purposes, Growth, Activities and Achievements of American Association of State Highway Officials* (Published on the Occasion of the Golden Anniversary of AASHO), Washington, D.C., 1965.

<sup>224</sup> Voir les lettres signées par E. K. Holmes (Chief, Division of Highway Transport Research), datée du 2 décembre 1946, et par H.S. Fairbank (Deputy Commissioner) datée du 10 juin 1946, lors de l’envoi de plusieurs fascicules du manuel intitulé *A Study of Traffic Needs in the Metropolitan Area. Manual of Procedures*. Celui-ci comprend dans sa version de 1946 trois grandes sections. La Section I, intitulée “General”, est alors composée de deux parties : Part A (« Scope and Objectives ») et Part B (« Reports »). La Section II (« Procedures for Collection of Data ») est composée de quatre parties : Part A (« Internal Survey-Sampling ») ; Part B (« Internal Survey – Interviewing ») ; Part C (« External Survey ») ; Part D (« Evaluation of Survey Accuracy »). La Section III (“Compilations”) est forte de quatre parties également : Part A (“Coding and Punching – Internal Survey”) ; Part B (« Coding and Punching – External Survey ») ; Part C (« Tabulations »).

<sup>225</sup> Bureau of Public Roads, Department of Commerce, *Manual of Procedures for Home Interview Traffic Study*, Revised Edition, October 1954 (Reprinted 1957).

pourquoi innover, alors que le « Bureau of Public Roads » (BPR) lui-même avait massivement pratiqué l'enquête origine-destination durant l'entre-deux-guerres ?

Nouvel outil et anciennes pratiques visent à la même chose, aider à traiter de façon rationnelle deux questions liées : où localiser exactement les nouvelles infrastructures, ici les autoroutes urbaines, afin qu'elles répondent au mieux aux aspirations des automobilistes américains ? Quelles dimensions leur donner ? Si on se lance dans la fabrication d'une nouvelle approche, c'est que les techniques utilisées laissent largement à désirer aux yeux des responsables du BPR. Écoutons John T. Lynch, à l'époque « Chief of Planning Surveys Section » de l'institution :

“Traffic within an urban area is much more complex than that on rural roads. Traffic volumes are larger, and traffic arteries are much more numerous. Parallel streets offer many alternate routes of travel, and it is not possible to tell from observing traffic volumes alone where the drivers really want to go. Drivers often travel considerable distances out of their way to use exceptionally attractive routes, or to avoid congested and unattractive routes. (...) Because of the complexity of urban traffic, it is difficult or impossible to collect needed data by methods used at external origin and destination stations. The multiple lanes and the large numbers of vehicles make it difficult and sometimes hazardous to stop traffic and conduct interviews at the roadside. The numerous routes of travel over the grid of streets necessitate operation of interview stations if all or a large part of the traffic is to be incorporated. Parallel streets invite bypassing survey stations and when roadside interviewing has been attempted at points that it could be readily bypassed, there has invariably been bypassing as soon as line of standing vehicles began to accumulate”<sup>226</sup>.

Le verdict est clair. Si on souhaite vraiment connaître avec précision les aspirations des automobilistes *urbains*, d'où ils *partent* et où ils *souhaitent aller*, il faudra délaisser la rue et ses stations d'observation et essayer d'autres moyens pour collecter des informations relatives aux habitudes et aux aspirations des citoyens.

---

<sup>226</sup> John T. Lynch, « Traffic Planning Studies in American Cities », *Public Roads*, vol. 24, n° 6, 1945, p. 161-178 (p. 167).



Au début de la guerre<sup>227</sup> à Detroit, au lieu d'attendre les automobilistes dans la rue, on décide d'aller à leur rencontre sur leurs lieux de travail pour leur donner des questionnaires à remplir au sujet de leur mobilité<sup>228</sup>. Cette technique est utilisée aussi à Cleveland dans l'Etat d'Ohio. Il y a aussi la technique déployée lors des « road-use surveys » de la seconde moitié des années 1930 par le « Bureau of Public Roads » (BPR) : utiliser comme interviewers des écoliers qui vont enquêter sur les déplacements de leurs parents. C'est la ville de Toledo, toujours en Ohio, et sous l'impulsion du « Highway Department » de son Etat, qui va pratiquer cette méthode en 1942, en distribuant aux élèves de toutes ses écoles des questionnaires que les parents sont priés de remplir<sup>229</sup>. A-t-on trouvé la bonne méthode recherchée pour autant ? Tout en reconnaissant l'intérêt de ce dernier type d'enquête, le personnel du BPR reste dubitatif et souhaite bâtir quelque chose d'original, à la hauteur des enjeux de l'Après-guerre :

« All of the methods described have been extremely useful (...). None of them, however, are sufficiently comprehensive to serve as a desirable basis for long-range highway planning envisioning the expenditure of large amounts of Federal, State, and local funds. When it became apparent that urban construction would play an important part in the postwar program a study was made of all methods of urban traffic studies that have been used, and a new method was developed based on this experience. The work which had been done indicated that the best line of approach was to interview occupants of dwelling according to a standardized method of sampling, and to determine the travel by automobile or by public conveyance by each resident of the dwelling unit on a representative weekday<sup>230</sup>.

*Entretiens auprès des membres d'un ménage à domicile, techniques d'échantillonnage* : le « Bureau of Public Roads » (BPR) est sur le point d'inventer la méthode dite *enquête*

---

<sup>227</sup> John T. Lynch, « Discussion », Highway Research Board, *Proceedings of the 29th Annual meeting* (1949), Washington, D.C., p. 365 ; Lloyd B. Reid, « Expressways for Detroit », dans Institute of Traffic Engineers, *1943 Proceedings*, p. 88-91.

<sup>228</sup> Robert Emmanuel Barkley, *An Annotated Bibliography on Traffic Volume Studies and Origin-Destination Surveys*, Master thesis in Civil Engineering, Purdue University, juin 1950, p. 278 (Barkley donne une liste exhaustive des enquêtes de trafic, dont les enquêtes origine-destination, réalisées aux Etats-Unis depuis les années 1910 jusqu'aux années 1940). Sur l'expérience de Cleveland, voir J. T. Lynch, « Traffic Planning Studies in American Cities », *op. cit.*, p. 168.

<sup>229</sup> R. E. Barkley, *An Annotated Bibliography on Traffic Volume Studies and Origin-Destination Surveys*, *op. cit.*, p. 278-280 (le questionnaire utilisé à Toledo est reproduit p. 279).

<sup>230</sup> J. T. Lynch, « Traffic Planning Studies in American Cities », *op. cit.*, p. 168.

*ménages déplacements* (« home interview » en anglais), qui sous des formes évoluées va traverser toute la période allant des années 1940 à nos jours. « Sur le point », car si le principe est là, sa traduction opérationnelle reste à définir. Heureusement, des alliés précieux existent pour aider le personnel du Bureau à transformer l'idée en outil standardisé, facilement maniable et applicable à grande échelle. Tout d'abord, les techniques d'échantillonnage<sup>231</sup> ne sont pas terre inconnue pour le monde des ingénieurs du trafic<sup>232</sup>, voire pour le BPR lui-même, qui dispose de mathématiciens de talent déjà versés dans cette technique, à l'instar d'Arthur Shelton et de Charles W. Vickery (ch. 1)<sup>233</sup>. Mais le Bureau peut trouver aussi un excellent interlocuteur en la personne d'une autre institution fédérale qui maîtrise déjà la technique des enquêtes à domicile par échantillonnage : le « Bureau of the Census ». Confronté au problème du chômage de masse dans les années 1930, l'administration américaine avait recouru à cette technique statistique pour évaluer le nombre des chômeurs et de travailleurs à temps partiel. Un premier travail est réalisé en novembre 1937, et l'année suivante les résultats de l'enquête sont rendus publics. En mars 1940, le fameux « Work Projects Administration » sort le premier bulletin mensuel de son « Sample Survey of Unemployment ». C'est le « Bureau of the Census »<sup>234</sup> qui assure à partir du mois d'août 1942 la publication de ce bulletin, l'institution ayant déjà recouru aux techniques d'échantillonnage pour le recensement de 1940 : un ménage sur vingt avait alors été sélectionné pour répondre à une série de questions supplémentaires<sup>235</sup>.

---

<sup>231</sup> M.H. Hansen et W.G. Madow, "Some Important Events in the Historical Development of Sample Surveys", dans D.B. Owen, (éd.), *On the History of Statistics and Probability*, Marcel Dekker, New York, 1976, p. 75-102; Graham R. Walden, *Polling and Survey Research Methods 1935-1979: An Annotated Bibliography*, Bibliographies and Indexes in Law and Political Science Series, vol. 25. Westport, Greenwood Publishing Group, 1996; Nick Moon, *Opinion Polls: History, Theory and Practice*, Manchester, Manchester University Press, 1999, ch. 1. En 1945 est publié un ouvrage sur la question qui aura un grand succès : J.G. Smith et A.J. Duncan, *Sampling Statistics and Applications*, New York, McGraw-Hill Book, 1945.

<sup>232</sup> Voir deux textes classiques de Nathan Cherniack, "Methods of Estimating Vehicular Traffic Volume with the Aid of Traffic Patterns", dans Highway Research Board, *Proceedings of the 16th Annual Meeting* (1936), Washington, D.C., p. 253-269; *Id.*, "Traffic Count Methods and Analysis", dans Institute of Traffic Engineers, *1937 Proceedings*, p. 90-96.

<sup>233</sup> W. Arthur Shelton, "Methods of Estimating Highway Traffic Volume", Highway Research Board, *Proceedings of the 16th Annual Meeting* (1936), Washington, D.C., p. 239-252; C.W. Vickery, « Punched Card Technique for the Correction of Bias in Sampling », *Journal of the American Statistical Association*, vol. 33, n° 203, 1938, p. 552-556; *Id.*, "On Drawing a Random Sample from a Set of Punched Cards", *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 6, n° 1, 1939, p. 62-66; *Id.*, « Improvement of Methods Used in the Highway Planning Surveys », Highway Research Board, *Proceedings of the 21th Annual Meeting* (1941), Washington, D.C., p. 88-109.

<sup>234</sup> W. Stull Holt, *The Bureau of the Census, its History, Activities, and Organization*, New York, AMS Press, 1974.

<sup>235</sup> Sur l'usage des "sampling techniques" par l'Administration américaine, voir : F. F. Stephan, "History and the Uses of Modern Sampling Procedures", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 43, 1948, p. 12-39; Emmanuel Didier, *En quoi consiste l'Amérique? Les statistiques, le New Deal, et la démocratie*, Paris, Editions

Au début de l'année 1943, le « Bureau of Public Roads » (BPR) entre en contact avec le « Bureau of the Census » pour lui demander de l'aide dans la définition du nouveau type d'enquête ménages déplacements qu'il souhaite mettre en place<sup>236</sup>. Ces rencontres entre des représentants de deux institutions fédérales sont suivies par des échanges entre les fonctionnaires du BPR et des ingénieurs du trafic travaillant pour les Etats fédérés et les villes<sup>237</sup>. Toujours en 1943, le « Traffic & Operations Department » du « Highway Research Board » (HRB)<sup>238</sup> crée un comité chargé d'étudier l'« origin and destination survey techniques ». Composé de douze membres, ce comité, qui va devenir permanent, est présidé par D. Grant Mickle – un ancien élève du « Bureau for Street Traffic Research » qui travaillait à l'époque pour l'« Automative Safety Foundation »<sup>239</sup> – et a comme rapporteur John T. Lynch, du BPR<sup>240</sup>. Très vite il présente son premier rapport sur la question devant un public large d'ingénieurs du trafic lors de la 24<sup>e</sup> rencontre annuelle du « Highway Research Board ». Dans ce rapport, daté de 1944, Lynch présente les éléments de base de la nouvelle méthode et les résultats de ses premières applications, vingt-quatre au total, terminées ou en cours<sup>241</sup>. Et le nombre des applications du nouvel outil ira croissant dans les années suivantes. Ainsi, à la fin de l'année 1945 des enquêtes ménages déplacements « have been in progress » dans trente-sept régions métropolitaines<sup>242</sup>, et deux années plus tard, en 1947, pas moins de

---

La Découverte, 2009 ; *Id.*, « Counting on Relief: Industrializing the Statistical Interviewer during the New Deal », *Science in Context*, vol. 24, n° 2, 2011, p. 281-310 ; *Id.*, « Sampling and Democracy : Representativeness in the First United States Surveys », *Science in Context*, vol. 15, n° 3, 2002, p. 427-445 ; *Id.* « Quelles cartes pour le New Deal ? De la différence entre gouverner et discipliner », *Genèses*, n° 68, septembre 2007, p. 48-74.

<sup>236</sup> J. T. Lynch, « Traffic Planning Studies in American Cities », *op. cit.*, 167.

<sup>237</sup> *Ibid.*, p. 168.

<sup>238</sup> Au début de l'année 1946, le « Traffic and Operations Department » comprenait les comités suivants : « Parking », « Origin and Destination Surveys », « Advantages and Disadvantages of Three-Lane Roadways », « Highway Capacity », « Uses of Highway Planning Survey Data », « Effects of Limited Access Expressways on Existing Street Systems », « Transit », « Vehicles ». Voir Highway Research Board, *Proceedings of the 25th Annual Meeting* (1946), Washington, D.C., p. xii.

<sup>239</sup> Une brève notice biographique de Grant Mickle se trouve dans Highway Research Board, *Ideas & Actions : A History of the Highway Research Board*, Washington, D.C., Highway Research Board, 1970, p. 81-82.

<sup>240</sup> D. Grant Mickle, « Report of Committee on Origin and Destination Survey Techniques », Highway Research Board, *Proceedings of the 24th Annual Meeting*, Washington D.C., sans date, p. 238-239.

<sup>241</sup> John T. Lynch, « Origin and Destination Surveys in Urban Areas », Highway Research Board, *Proceedings of the 24th Annual Meeting*, Washington, D.C., sans date, p. 239-254.

<sup>242</sup> D. Grant Mickle et John T. Lynch, « Report of Committee on Origin and Destination Survey Techniques », Highway Research Board, *Proceedings of the 25th Annual Meeting* (1946), Washington, D.C., p. 298-301 ; John T. Lynch, « Discussion on Origin and Destination Survey Techniques and Uses », in *ibid.* p. 301-317, plus p. 317-329 (discussion). Pour une de premières application de l'outil, voir par exemple : John M. Picton, « Application of Origin and Destination Traffic Data in Planning Highway Facilities for Greater Kansas City », in *ibid.*, p. 279-297.

cinquante-cinq villes américaines étaient concernées par ce type d'enquête<sup>243</sup>. En 1960, elles étaient quelques 130 à avoir fait l'expérience d'une enquête ménages déplacements<sup>244</sup>

La prise en compte des leçons tirées de ces premières applications de la nouvelle méthode ont conduit les ingénieurs du « Bureau of Public Roads » à produire, en 1946, une deuxième édition révisée du manuel de 1944, qui va servir de guide à un nombre impressionnant d'études jusqu'à l'édition actualisée de 1954<sup>245</sup>.

S'appuyant sur des enquêtes et recherches antérieures, menées entre autres par le « Bureau of the Census », montrant qu'on pouvait obtenir des échantillons représentatifs de la population sur la seule base géographique, en ignorant des facteurs comme la profession, le genre ou la race, c'est le logement (« dwelling unit »), le lieu d'habitation des ménages, qui est devenu l'élément de base de l'enquête ménages déplacements pour la constitution de l'échantillon. Quant à la taille de celui-ci, elle évolue de façon inversement proportionnelle à celle de l'agglomération. Pour les villes d'une population de moins de cinquante mille habitants, on propose alors un « sample » de 20%, alors que pour les grands centres urbains de plus d'un million d'habitants, une enquête sur 4% des ménages est considérée comme suffisante<sup>246</sup>. Comment aborder les ménages choisis ? On les prévient de leur implication prochaine dans l'enquête en leur envoyant une carte postale ou une lettre ; un texte standard expliquant les objectifs de l'opération et son importance est même rédigé par les auteurs du manuel et sera utilisé à travers le territoire. De même que l'interviewer n'a aucune liberté quant aux « dwelling units » à visiter, l'échantillon étant constitué avant que le travail d'entretien ne commence, il est obligé de remplir, sur la base des réponses des interviewés, des *questionnaires totalement standardisés*. Parmi ces documents, le plus important est celui concernant les déplacements effectués par les membres du ménage la veille du jour de l'entretien – par voiture privée, bus, tram, camion ou taxi, les déplacements à pied, par moto ou vélo, en revanche, n'ayant pas à être précisés. Pour chaque déplacement, les heures de

---

<sup>243</sup> « Metropolitan Area O-D Studies Now Total 55 », *Traffic Engineering*, vol. 17, n° 6, 1947, p. 280. Pour plus de détails, voir E. Barkley, *An Annotated Bibliography on Traffic Volume Studies and Origin-Destination Surveys*, *op. cit.*

<sup>244</sup> John T. Lynch, « Panel Discussion on Inter-Area Travel Formulas », *Highway Research Board Bulletin*, n° 253: « Traffic Origin-and-Destination Studies », 1960, p. 128-138 (p. 128).

<sup>245</sup> Bureau of Public Roads, Department of Commerce, *Manual of Procedures for Home Interview Traffic Study*, Revised Edition, October 1954 (Reprinted 1957).

<sup>246</sup> Sauf mention explicite, la présentation de l'outil s'appuie sur la 2<sup>e</sup> édition du manuel, celle de 1946 (*supra*).

départ et d'arrivée, les moyens de transport utilisés, les zones d'origine et de destination enfin sont soigneusement notés tout comme les motifs (« trip purpose ») du déplacement. Plus nombreux que ceux qui figuraient dans les enquêtes origine-destination des années 1930, les motifs pris en compte par l'enquête ménages déplacements sont au nombre de neuf. Ainsi on peut se déplacer de la maison (« home ») au travail (« work »), faire des courses (« shopping »), amener les enfants à l'école (« school »), quitter son bureau (« work ») pour aller « déjeuner » (« eat ») etc.<sup>247</sup> Précisons ici, même si cette remarque prendra tout son sens seulement au regard des évolutions ultérieures dans la façon de modéliser les déplacements urbains (ch. 7), que, comme par le passé, les déplacements sont traités sur un *mode discontinu* : une chaîne des déplacements, planifiée comme telle par le citoyen, est découpée, en effet, en plusieurs unités (« trips ») qui seront traitées, et modélisées, par la suite comme autant d'entités distinctes et isolées les unes des autres<sup>248</sup>. Toute une panoplie de procédures de contrôle et d'évaluation de la qualité des données recueillies est explicitement proposée aux responsables locaux de l'enquête, et ce pour toutes les étapes de la procédure, de la constitution de l'échantillon des ménages à interviewer à la tabulation finale des données et leur exploitation. Un des problèmes majeurs auxquels les concepteurs de la méthode se sont heurtés est la « completeness with which trips are reported » lors de l'entretien – ainsi une recherche effectuée au milieu des années 1950 par des ingénieurs d'« Ohio State Highway Department » suggère que les enquêtes ménages déplacements « ratent » un à deux déplacements par ménages<sup>249</sup> –, problème qui va accompagner, avec une intensité croissante, l'outil tout au long de sa longue carrière (ch. 5). Deux méthodes de contrôle sont alors particulièrement prônées par les ingénieurs du « Bureau of Public Roads » : le « control-point comparison » et le « screen-line comparison ». Il s'agit de mettre en regard les déplacements *annoncés* à l'interviewer par les membres des ménages habitant un groupement d'habitations

---

<sup>247</sup> Les motifs sont les suivants : “Serve passenger”, “Work”, “Business”, “Medical/Dental”, “School”, “Social Recreation”, “Ch. Travel Mode”, “Eat Meal”, “Shopping”.

<sup>248</sup> Comme le manuel de 1954 le précise : « A ‘trip’ is defined as the one-way travel from one point to another for a particular purpose (...). Thus, round trips, to and from work, to and from shopping, to and from the theatre, etc., represent at least two trips in each case; one for the travel to the place of work, shopping, or theatre, and one for the return travel. A continuous round trip, such as a pleasure drive through the park, must also be considered as two trips; the most distant point reached during the drive being recorded as the end of the first trip and the beginning of the second” (Bureau of Public Roads, Department of Commerce, *Manual of Procedures for Home Interview Traffic Study*, *op. cit.*, p. 39).

<sup>249</sup> Cité par Alan M. Voorhees, « Forecasting Peak Hours of Travel », *Highway Research Board Bulletin*, n° 203: “Travel Characteristics in Urban Areas”, 1958, p. 37-44 (p. 44).

et les déplacements *observés* sur le terrain en des endroits spécifiques de la partie du réseau que ces ménages sont censés, d'après leurs déclarations, emprunter régulièrement<sup>250</sup>.

Une démarche aussi innovante pour les données de l'époque comme le "home interview" ne saurait être sortie de l'esprit de ses concepteurs totalement stabilisée. Tout en gardant intacte sa philosophie et ses grandes opérations de base, la méthode n'a pas manqué, en effet, d'évoluer au contact de ses multiples applications. La troisième édition du manuel, parue en 1954, enregistre ces évolutions. Ainsi la taille de l'échantillon nécessaire pour les besoins de la représentativité est revue un peu à la baisse – pour des centres urbains de plus d'un million on avance le chiffre d'une maison sur vingt-cinq, au lieu d'une maison sur vingt. Mais même après ce changement le nombre des ménages à interviewer reste très élevé pour les grandes agglomérations qui comptent plusieurs millions d'habitants<sup>251</sup>. Mais c'est le rôle déterminant de l'interviewer qui ressort clairement dans cette troisième édition, qui multiplie les instructions et les contrôles à effectuer relatives à cette figure, pourtant fortement encadrée dès la première parution du manuel à l'aide notamment d'une série de formulaires standardisés. Ainsi des standards de rendement sont-ils désormais définis : « A competent person, interviewing in good territory, should average between six and seven trips per dwelling unit and make an average of one interview per hour, including repeat calls and time used in going from one sample dwelling to the next ». Mais force est de constater que malgré ces précautions, le contrôle de l'élément humain s'avère imparfait. Ainsi, on déplore le fait qu'« after a period of time, some interviewers become «'experienced' and 'fake' interviews »<sup>252</sup>. L'importance de l'enquêteur dans le dispositif fait que son superviseur doit être, lui aussi, à la hauteur de la tâche. Ayant sous ses ordres dix interviewers en moyenne, le « supervisor » doit suivre la progression du travail de chacun de ses agents sur une base quotidienne. Il lui est aussi conseillé de vérifier par téléphone ou par visite au ménage interviewé la qualité du travail fait<sup>253</sup>. L'obsession du contrôle est telle que dans les années

---

<sup>250</sup> Si l'entretien à domicile constitue la nouveauté, et le cœur, du manuel, celui-ci prévoit aussi trois autres types d'enquête : des enquêtes cordon, pour capter les déplacements de tous ceux qui ne résident pas à l'intérieur de l'aire métropolitaine qui fait l'objet de l'enquête ménages déplacements, et des enquêtes spécifiques portant sur le mouvement des camions (« travel of trucks ») et celui des taxis.

<sup>251</sup> Bureau of Public Roads, Department of Commerce, *Manual of Procedures for Home Interview Traffic Study*, Revised Edition, October 1954 (Reprinted 1957), p. 3, p. 18-19.

<sup>252</sup> R. E. Barkley, *An Annotated Bibliography on Traffic Volume Studies and Origin-Destination Surveys*, op. cit., p. 287.

<sup>253</sup> Bureau of Public Roads, Department of Commerce, *Manual of Procedures for Home Interview Traffic Study* (1954), op. cit., p. 22 pour la citation, p. 26 pour le reste du paragraphe.

1960 on va écrire même un programme informatique nommé QUALCON (« Quality Control and Progress Report Program for the Standard Home Interview ») dans le but d'évaluer la qualité du travail des enquêteurs<sup>254</sup>.

Objets de tous les soins de la part du « Bureau of Public Roads » (BPR), bénéficiant de diverses améliorations au fur et à mesure qu'on l'applique à un nombre croissant de villes, l'enquête ménage déplacements fait, tout au long des années 1940, l'objet de discussions vives sur ses avantages et ses points faibles, son coût élevé par exemple. Elle est même soumise à un examen comparatif avec d'autres dispositifs d'obtention d'informations sur les origines et les destinations des déplacements urbains des citoyens américains (envoi postal de questionnaires à domicile, entretiens réalisés dans la rue...) <sup>255</sup>. La nouvelle méthode va sortir victorieuse de ces comparaisons, mais elle devra faire face à un autre danger qui la guette, directement lié à son efficacité en tant que dispositif de production d'informations. Rappelons que l'objectif premier du nouvel outil est de capter non seulement les pratiques effectives de mobilité des citoyens américains mais aussi leurs souhaits : non seulement les itinéraires pratiqués sur le réseau existant, trajets souvent imposés et non choisis par manque d'infrastructures adéquates, mais aussi le chemin désiré (« desired routes of travel »<sup>256</sup>), celui qui les amènerait le plus rapidement possible du point de départ (origine) à la destination de leur voyage. On parle alors de « lignes de désir » (« desire lines » ou « lines of desire » en anglais), pour désigner la ligne droite qui lie le point d'origine d'un déplacement à son point de destination. Il va de soi que la forme optimale (idéale) d'un réseau d'autoroutes urbaines du point de vue de ses usagers serait celle qui matérialiserait la carte des lignes de désir

---

<sup>254</sup> Le programme compare les résultats obtenus par l'enquêteur 'X', objet du contrôle, avec ceux rapportés par les autres enquêteurs qui ont travaillé dans la même zone de la ville. Un grand écart entre les pratiques en matière de déplacements des ménages interviewés par 'X' et celles enregistrées par ses collègues devient alors le signe d'un travail mal fait. Voir « QUALCON : Quality Control and Progress Report Program for the Standard Home Interview, July 1969 », dans U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, *Program Documentation: Urban Transportation Planning System 360*, Washington, D.C., juin 1970, p. 430-437.

<sup>255</sup> Voir ces deux thèses de master : Herbert Martell Edwards, *The Unidirectional Roadside Interview Method for Origin-Destination Surveys*, Master thesis, Department of Civil Engineering, Purdue University, août 1954; James Herbert Kell, *Comparison of Two Methods of Internal Origin-Destination Surveys : Home Interview and Controlled Post Card*, Master thesis, Department of Civil Engineering, Purdue University, août 1952. Voir aussi; *Highway Research Board Bulletin*, n° 41 : «Traffic Surveys by Post Cards», Washington D.C., 1951; *Highway Research Board Bulletin*, n° 76: «Origine and Destination Surveys», Washington, D.C., 1953.

<sup>256</sup> J. T. Lynch, « Discussion », Highway Research Board, *Proceedings of the 29th Annual meeting* (1949), *op. cit.*, p. 364.

(« trip-desire chart »<sup>257</sup>), puisqu'elle minimiserait la distance entre les points d'origine et les points de destination. Or, par le nombre d'entretiens sollicités auprès des ménages, les enquêtes ménages déplacements engendrent une telle quantité de lignes de désir que la représentation graphique de celles-ci sur une carte, opération déjà extrêmement fastidieuse et très consommatrice en main d'œuvre, risquerait de produire un résultat qui ressemblerait fortement à un « unintelligible maze »<sup>258</sup>. Jusqu'à la seconde moitié des années 1950, on essaie alors de produire des représentations graphiques de ces fameuses « desire lines », constructions qui seraient à la fois faciles à produire et intelligibles, quitte à procéder à des agrégations, tout en préservant en même temps, et en dépit de ces procédures d'agrégation, une bonne partie des informations sur les déplacements individuels des milliers de ménages si chèrement acquises à l'aide de l'enquête ménages déplacements<sup>259</sup>.

Mais si on arrive à bâtir progressivement des « cartes de ligne de désir » intelligibles, la question de l'usage de l'information ainsi domestiquée reste entière. Nous avons vu dans le chapitre précédent que les ingénieurs du trafic avaient envisagé déjà dans les années 1920 et 1930 quelques techniques de prévision du trafic sur les réseaux d'autoroutes. La mise au point de l'enquête ménages déplacements à la sortie de la guerre, et son application massive dans les années 1940 et 1950, vont constituer un puissant stimulant pour la recherche de nouvelles techniques de prévision. Dotés des données autrement plus fiables et abondantes que par le passé, les ingénieurs vont essayer sur des bases plus solides de se saisir de l'avenir. La décennie 1945-55 est marquée, en effet, par plusieurs tentatives de prévoir le trafic automobile sur les réseaux, qu'ils soient inter-villes ou urbains, qui vont déboucher sur deux modèles dont l'écho arrive jusqu'à nos jours : le modèle dit « Fratar » et le modèle gravitaire. Leur gestation prendra du temps, et on devra passer d'abord par une autre sorte de modélisation : l'affectation du trafic sur une nouvelle infrastructure.

Imaginons le cas typique suivant : une enquête ménages déplacements est réalisée. Les lignes de désir sont tracées. Sur la base de cette cartographie des souhaits des automobilistes, on

---

<sup>257</sup> D'après John T. Lynch, la première «trip-desire chart» est celle construite sur la base de l'enquête de Detroit en 1942 (qui n'est pas une enquête ménages déplacements). In *ibid.*, p. 365.

<sup>258</sup> *Ibid.*, p. 366.

<sup>259</sup> Voir par exemple : K. A. MacLachlan, « The Coordinate Method of O and D Analysis », Highway Research Board, *Proceedings of the 29th Annual meeting* (1949), *op. cit.*, p. 349-364; Arthur T. Row, « Directional Analysis of Vehicle Travel Desire », *Highway Research Board Bulletin*, n° 153, 1957, p. 1-14 ; L. M. Braff, W.H. Carsten, Norman Ross et J.W. Tipton, « Directional Contour Maps of Travel Desire », in *ibid.*, p. 15-27.



décide de réaliser une nouvelle autoroute dont la localisation doit coller au plus près à une partie significative des « lignes de désir » révélées par l'enquête. Mais si les « desire lines » peuvent guider le concepteur dans une partie de son travail – l'emplacement de la nouvelle infrastructure –, elles restent somme toute muettes devant la question du dimensionnement de l'ouvrage. On est certain que la nouvelle autoroute va capter une partie des déplacements (« trips ») existants, car de nombreux automobilistes vont préférer la nouvelle construction aux routes existantes (c'est le but de l'exercice par ailleurs). Il se peut aussi que la nouvelle autoroute incite certains anciens clients des transports en commun à abandonner leurs habitudes du passé pour prendre le volant. On sent également que l'autoroute risque de fonctionner elle-même comme un générateur de trafic, en réalisant des désirs de déplacement restés jusqu'alors à l'état potentiel<sup>260</sup>. Mais tout cela reste qualitatif. Combien d'automobilistes vont-ils réellement opter pour la nouvelle infrastructure ? C'est un problème qui va faire couler beaucoup d'encre durant les années 1945-1955 sous le terme *d'affectation du trafic* (« traffic assignment »), terme dont on trouve une formulation explicite au tout début des années 1950<sup>261</sup>. A défaut de disposer d'une théorie déjà éprouvée et capable de prédire le nombre d'automobilistes qui vont opter pour la nouvelle infrastructure, divers ingénieurs du trafic, dans leur majorité travaillant pour les « Highway Departments » de différents Etats et avec les encouragements du « Bureau of Public Roads » et du « Highway Research Board », entreprennent une série d'études de terrain.

Grâce aux enquêtes ménages déplacements qui se multiplient, on connaît les flux du trafic entre une paire « origine/destination » ainsi que les itinéraires empruntés par les automobilistes concernés. A partir de ces données, on essaie alors d'identifier et de quantifier les facteurs qui déterminent le choix entre itinéraires alternatifs pour un couple « origine/destination ». Des considérations relevant de la « psychologie populaire » – celle que savants et profanes appliquons tous les jours pour rendre compte de nos comportement et de ceux des autres –, telle que l'importance du temps de parcours ou sa longueur dans le choix de l'itinéraire, s'allient avec des mesures quantitatives pour estimer l'impact de différents facteurs sur le choix du trajet. Le résultat pratique prend la forme d'une série de courbes, appelés « courbes de répartition entre itinéraires » (« diversion curves » ou

---

<sup>260</sup> Voir : *Highway Research Board Bulletin*, n° 61 : “Traffic Assignment”, 1952, “Forward” (signé par Earl Campbell); Robert E. Schmidt et M. Earl Campbell, *Highway Traffic Estimation*, The Eno Foundation for Highway Traffic Control, Saugatuck (Connecticut), 1956, p. 123.

<sup>261</sup> “THE ESTIMATED allocation of traffic to a proposed highway facility is commonly termed ‘traffic assignment’”, dans *Highway Research Board Bulletin*, n° 61 : “Traffic Assignment”, *op. cit.*, “Forward”.

assignment curves »), qui se multiplient dans la première partie des années 1950 et permettent au praticien de quantifier l'attractivité d'une nouvelle infrastructure en fonction du temps, de la distance (ou d'une combinaison des deux) qu'elle fait gagner aux futurs usagers par rapport au réseau existant et de la dimensionner en correspondance<sup>262</sup>. Parmi les premières courbes à être proposées aux ingénieurs américains, il y a celles fabriquées par le « Bureau of Public Roads » dans son quartier général à Washington au début des années 1950 suite à une étude comparée portant sur huit cas urbains<sup>263</sup>. Parmi les plus élaborées, on trouve celles proposées quelques années plus tard, vers 1955, par les ingénieurs de la « California Division of Highways »<sup>264</sup>. Mais l'opération est très consommatrice en temps, surtout si elle concerne, et c'est souvent le cas, des aires métropolitaines disposant de très nombreuses paires « origine-destinations », et qu'il s'agit de projeter non pas une seule nouvelle infrastructure mais plusieurs à la fois. On s'ingénie alors à mécaniser la procédure aussi loin que faire se peut – c'est le cas des ingénieurs de Detroit par exemple au milieu des années 1950<sup>265</sup> –, alors qu'un peu plus tard, le « Bureau of Public Roads » distribue aux intéressés un programme informatique traitant de cette question. Conçu par le bureau d'études « Edwards and Kelcey », créé en 1946<sup>266</sup>, pour une machine IBM-650, le programme « provides a means of determining the traffic volumes that would be attracted to a proposed freeway using Origin and Destination Survey data. (...) The American Association of State Highway Officials' traffic diversion curve is used. The program may be adapted to any time ratio diversion curve »<sup>267</sup>.

---

<sup>262</sup> Pour des exemples et une bibliographie, voir : *Highway Research Board Bulletin*, n° 61, *op. cit.* (cinq études de cas) ; *Highway Research Board Bulletin*, n° 130 : «Traffic Assignment by Mechanical Methods», 1956 (cinq contributions); R. E. Schmidt et M. E. Campbell, *Highway Traffic Estimation, op. cit.*, ch. 4.

<sup>263</sup> Voir, par exemple : Darel L. Trueblood, « Effect of Travel Time and Distance on Freeway Usage », *Highway Research Board Bulletin*, n° 61, *op. cit.*, p. 18-37; R. E. Schmidt et M. E. Campbell, *Highway Traffic Estimation, op. cit.*, p. 129-31 et *passim*.

<sup>264</sup> Voir par exemple Karl Moskowitz, « California Method of Assigning Diverted Traffic to Proposed Freeways », *Highway Research Board Bulletin*, n° 130, *op. cit.*, p. 1-26.

<sup>265</sup> Voir, par exemple, E. Wilson Campbell, « A Mechanical Method for Assigning Traffic to Expressways », *Highway Research Board Bulletin*, n° 130, *op. cit.*, p. 27-41 (l'ensemble du *Bulletin* est consacré à cette question).

<sup>266</sup> Voir l'entrée «Guy Kelcey» dans Institute of Transportation Engineers, *Pioneers of Transportation, op. cit.*, p. 36.

<sup>267</sup> Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, Electronic Computer Program for Traffic Assignment (BPR Program n° T-4), Developed by Edwards and Kelcey (Engineers and Consultants), Washington, D.C., sans date. Voir aussi Glenn E. Brokke (reported by), «Assigning Traffic to a Highway Network», *Public Roads*, vol. 30, n° 10, 1959, p. 227-231; Lloyd A. Rivard, «Electronic Traffic Projection and Assignment», *American Highways*, juillet 1960, p. 5, p. 14-16. (cas de «Washington Metropolitan Area Study»).

Mais tous ces progrès en termes computationnels n'enlèvent pas à la méthode de « diversion curves » une limitation intrinsèque. Comme elle s'appuie sur des enquêtes ménages déplacements, les données utilisées portent sur le seul présent (rappelons qu'il s'agit de répartir les flux correspondant à des couples « origine-destination » entre la nouvelle infrastructure et le réseau existant). Or, des infrastructures aussi massives qu'une autoroute urbaine sont là pour durer et servir pendant des nombreuses années. Leur conception doit donc incorporer l'élément futur et le trafic à venir et non pas seulement les flux actuels. La question visiblement travaille les ingénieurs du trafic de l'époque<sup>268</sup>. Pratiquement au même moment, deux de leurs collègues, Thomas Fratar et Alan M. Voorhees, vont proposer des modèles de prédiction du trafic futur entre les différentes zones d'une agglomération. Si on a oublié parfois leurs noms, leur travail fait toujours partie du patrimoine du modélisateur des déplacements urbains.

Thomas J. Fratar (1913-2001) est un ancien du « Rensselaer Polytechnic Institute », d'où il sort diplômé en génie civil en 1936<sup>269</sup>. Membre de l'« Institute of Traffic Engineers », après avoir travaillé pour la firme « Highland Consulting Engineers » pour le projet de « New York's West Side Highway », Fratar décide de reprendre le chemin de l'école et intègre, en 1941, le seul établissement qui offre des études spécialisées en sciences du trafic à l'époque, le « Bureau for Street Traffic Research » à « Yale University ». Il obtient son « master degree » un an plus tard. C'est à Yale que Fratar fait la connaissance de Hardy Cross (1885-1959), ingénieur qui a donné son nom à une technique célèbre de calcul dans le domaine de la mécanique appliquée<sup>270</sup>. Après la guerre, Fratar retourne à New York et commence, en 1946, à travailler pour la firme new-yorkaise Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton, connue aussi sous le nom de « TAMS Consultants Inc. ». Fratar devient alors l'auteur d'une technique de prévision en matière d'usage des installations portuaires et aéroportuaires. Mais son nom est surtout associé à l'une des premières techniques de prévision du trafic automobile sur un réseau urbain, qui porte par ailleurs son nom. Mise en œuvre pour la première fois à l'occasion d'une étude de trafic réalisée au début des années 1950 dans le « Cuyahoga County » (au sein du « Greater Cleveland », Ohio) suite à une grande enquête origine-destination, la méthode s'inspire beaucoup, d'après les propres dires de l'auteur, des travaux

---

<sup>268</sup> R. E. Schmidt et M. E. Campbell, *Highway Traffic Estimation, op. cit.*, ch. 5 : «Traffic Growth»

<sup>269</sup> Institute of Transportation Engineers, *Pioneers of Transportation, op. cit.*, p. 33.

<sup>270</sup> Leonard K. Eaton, *Hardy Cross. American Engineer*, Champaign (IL.), University of Illinois Press, 2006.

de Cross en mécanique et a mûri au contact des discussions avec l'ingénieur Glenn Brokke du « Bureau of Public Roads », qui supervisait alors le travail du bureau d'études de Fratar pour le compte de la puissance publique. Fratar emploie, en effet, des techniques d'itération, comme Cross dans ses travaux en mécanique, pour calculer, à partir des données contenues dans les enquêtes origine-destination, les *futur* flux de trafic entre les différentes zones d'une ville<sup>271</sup>. La méthode « Fratar » fait partie d'une famille de modèles connus aujourd'hui sous le nom de « facteurs de croissance » (« Growth Factor Methods ») qui reposent sur le principe de base, somme toute assez simple, selon lequel le futur trafic au sein d'une aire géographique est lié d'une façon ou d'une autre au trafic actuel via un *facteur de croissance* qui reflète l'évolution de l'aire et de ses différentes zones. La version la plus simple de ce principe, version dite « de facteur uniforme », n'envisage qu'un seul facteur de croissance *uniforme* pour l'ensemble de l'agglomération. Comme divers ingénieurs n'ont pas manqué de le souligner, cette hypothèse, en fait une extrapolation des tendances du passé à l'échelle de l'agglomération, est assez irréaliste dans la mesure où elle nie toute différenciation entre les différentes parties de la ville. D'autres méthodes seront testées, comme la méthode dite *de facteur moyen*, qui introduit des taux de croissance propres à chaque zone<sup>272</sup>. Cette approche n'est pas exempte de difficultés internes non plus. Fratar va proposer alors une technique par approximations successives qui est basée sur le postulat que si l'on considère les liaisons d'une zone (i) avec les autres zones (j) d'une ville, la croissance du trafic ( $T_{ij}$ ) dans le futur sera proportionnelle au facteur de croissance de la zone (j), alors que la croissance du trafic total est donnée par le facteur de croissance correspondant à la zone (i)<sup>273</sup>.

A peu près à la même époque, un autre ingénieur est en train d'explorer une voie différente. Alan Manners Voorhees est né le 17 décembre 1922 à « New Brunswick » dans le « New

---

<sup>271</sup> Sur la méthode, voir : Thomas J. Fratar, «Forecasting Distribution of Interzonal Vehicular Trips by Successive Approximation», Highway Research Board, *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual Meeting*, Washington, D.C., 1954, p. 376-383 (discussion: p. 383-384); Thomas J. Fratar, « Vehicular Trip Distribution by Successive Approximations », *Traffic Quarterly*, janvier 1954, p. 53-65; Sur l'étude de Cleveland: Thomas J. Fratar, «Comprehensive Arterial Highway Plan for the Cleveland Metropolitan Area», *Highway Research Board Bulletin*, n° 153 : «Urban Arterial Planning», 1957, p. 28-43.

<sup>272</sup> Le trafic intra-zonal projeté est alors proportionnel à la moyenne arithmétique (ou géométrique) des facteurs de croissance propres à la zone d'origine i ( $F_i$ ) et à la zone de destination j ( $F_j$ ).

<sup>273</sup> Voir Brian V. Martin, Frederick W. Memmott, III, et Alexander J. Bone, *Principles and Techniques of Predicting Future Demand for Urban Transportation*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1965 (second triage 1966), p. 126-138, pour une présentation commode et une discussion de cette famille de modèles. Pour le contexte général en matière de pratiques de modélisation dans lequel la contribution de Fratar prend place, voir notamment : R. E. Schmidt et M. E. Campbell, *Highway Traffic Estimation, op. cit.*, ch. 5 (la méthode de Fratar est présentée in *ibid.*, p. 199-209).

Jersey ». Ses études d'ingénieur au « Rensselaer Polytechnic Institute » sont brutalement arrêtées à cause de la guerre, qu'il traverse en tant qu'appelé dans la marine américaine<sup>274</sup>. Reprenant le fil interrompu de ses études, Voorhees obtient son diplôme d'ingénieur en génie civil en 1947. Ne se contenant pas d'un master en « city planning », obtenu en 1947 au « Massachusetts Institute of Technology », et après avoir travaillé comme « city-planning engineer » pour la ville de « Colorado Spring », Voorhees s'inscrit au « Bureau of Highway Traffic » (nouvelle appellation du « Bureau for Street Traffic Research ») pour se spécialiser dans le domaine de l'ingénierie du trafic. Il en sort diplômé en 1952, après avoir soutenu sa thèse sur les caractéristiques des déplacements relatifs au travail<sup>275</sup>. C'est grâce à son article publié dans les *Proceedings* de l'« Institute of Traffic Engineers » en 1955, pour lequel il reçoit le « Past Presidents Award », que Voorhees, à l'époque « Traffic Planning Engineer » travaillant pour le compte d'« Automotive Safety Automation », commence à se bâtir une réputation au sein de la communauté des ingénieurs du trafic comme auteur d'un modèle alternatif à la méthode « Fratar »<sup>276</sup>. L'article en question ne sort pas du néant. Voorhees connaît bien la théorie de Fratar, en tant par exemple que discutant du papier que ce dernier avait lu lors de la rencontre annuelle du « Highway Research Board » en janvier 1954. Voorhees reproche à son collègue d'avoir échoué à prendre en compte le fait, attesté empiriquement par les enquêtes origine-destination, que « the various categories of trip purposes have different patterns of frequency (...) », et que, par conséquent, on ne peut pas les traiter à l'aide d'un facteur de croissance *unique* pour chaque zone ; il termine ses propos avec une thèse énoncée sous forme d'hypothèse qui demanderait des vérifications, selon laquelle « it would seem that the number of trips between any two zones will largely depend upon the type of trips generated by the land-use expansion and the distance between the two zones »<sup>277</sup>. Peu après cette intervention, Voorhees présente son approche à lui, dont les germes se trouvaient dans la discussion engagée avec Fratar, dans l'article paru en 1955 dans les *Proceedings* de l'« Institute of Traffic Engineers ». C'est dans ce document que Voorhees

---

<sup>274</sup> Thomas B. Deen, « Alan Manners Voorhees, 1922-2005 », *Memorial Tributes : National Academy of Engineering*, vol. 12, 2008, p. 320-326 ; notice nécrologique publiée dans NY Times le 1<sup>er</sup> janvier 2006, disponible à l'adresse : [http://www.nytimes.com/2006/01/01/national/01voorhees.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2006/01/01/national/01voorhees.html?_r=0) (26 mars 2013).

<sup>275</sup> Alan M. Voorhees, *Basic Characteristics of Work Trips*, A Thesis submitted in partial fulfilment of requirements for Transportation 113, Bureau of Highway Traffic, Yale University, mai 1952. Ce travail est présenté brièvement dans R. E. Schmidt et M. E. Campbell, *Highway Traffic Estimation*, *op. cit.*, p. 72-73.

<sup>276</sup> Alan M. Voorhees, «A General Theory of Traffic Movement», dans Institute of Traffic Engineers, *1955 Proceedings*, p. 46-56.

<sup>277</sup> M. Voorhees, «Discussion», dans Highway Research Board, *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual Meeting*, *op.cit.*, p. 383.

annonce et met en pratique sa théorie générale du trafic, basée sur le « premise that all trips emanating from a residential area are attracted, or “pulled”, to various land uses in accordance with certain empirical values » (p. 56). Un peu plus haut dans le texte, l’auteur avait déclaré que « in general the strenght of the pull seems to follow the gravitational principe ». Dans le cas d’une zone commercial par exemple, “the pull of a shopping area on a group of shoppers seems to be related to the size of the attractor (shopping area) and inversely to the distance the shoppers live from the area” (p. 50). On ne peut pas être plus explicite sur le principe de base qui anime la théorie de Voorhees – principe déjà appliqué au domaine du trafic à Boston et à New York dans la seconde moitié des années 1920 (ch. 1), figurant dans des travaux visiblement tombés dans l’oubli car aucune mention n’est faite à ces derniers. Et l’auteur continue : “Research has shown that in applying this principle, the distance factor should be raised to some power depending upon the type of trip, and that best results are obtained if distance is expressed as ‘auto driving time’. In selecting the units to express the size of the ‘attractor’, it has been found these should in line with the type of trip under consideration. In the case of shopping good trips (...) it has been found that the distance factor should be squared and the retail floor area dedicated to apparel in the shopping center should be used to measure the size of the attractor” (p. 50-51). Le “principe gravitationnel” fonctionnant assez bien dans le cas des déplacements liés au motif « achats » (« shopping »), Voorhees entreprend des recherches sur d’autres types de déplacements, ceux liés au travail et au temps libre (« social-recreational trip »), en s’appuyant sur les résultats de l’enquête origine-destination pour la ville de « Fort Wayne » en Indiana. Pour les déplacements liés au travail, « This revealed that the principle of gravitation worked satisfactorily, but in this case the distance factor was a square root function rather than a squared function. The size of the “pull” is best expressed by the number of workers, including shift workers” ». Pour les “social trips, the number of people in a residential area should be used to indicate the size of the “attractor” and the distance factor should be raised to the third power” (p. 52). Nous venons de le voir, la démarche de Voorhees est présentée par l’auteur comme *inductive*, nourrie de plusieurs séries de données patiemment accumulées<sup>278</sup>. Mais à la lecture du document, on sent aussi la présence en arrière plan d’une série de travaux publiés entre les années 1930 et le début des années 1950, qui essaient de capter plusieurs classes de phénomènes humains, dont

---

<sup>278</sup> Alan M. Voorhees, Gordon B. Sharpe et J.T. Stegmaier, *Shopping Habits and Travel Patterns*, Special Report 11-B, Higway Research Board, Washington, D.C., 1953.

la mobilité, à l'aide de la loi de la gravitation universelle<sup>279</sup>. Voorhees va ainsi continuer à explorer son principe gravitationnel. Quelques années plus tard, il applique son modèle pour prédire les flux de trafic correspondant à l'heure de pointe cette fois, en s'appuyant, pour l'estimation des paramètres (coefficients empiriques) de son modèle, sur les données des enquêtes origine-destination en provenance de huit villes (le modèle est calé pour des déplacements liés au motif « travail »)<sup>280</sup>.

Au milieu des années 1950, les premiers éléments de la future modélisation à quatre étapes commencent donc à se mettre en place. Pour la question de l'affectation du trafic sur les arcs du réseau (4<sup>e</sup> étape), on dispose de plusieurs « courbes de répartition entre itinéraires alternatifs » (« diversion curves »). Pour la distribution des flux entre les zones de l'agglomération (2<sup>e</sup> étape), Fratar et Voorhees proposent leurs services. C'est à Chicago que l'acte suivant sera joué et la performance sera à de nombreux égards mémorable.

---

<sup>279</sup> Voir notamment : Fred Charles Iklé, "Sociological Relationship of Traffic to Population and Distance", *Traffic Quarterly*, avril 1954, p. 123-136 (p. 128 pour des références) ; R. E. Schmidt et M. E. Campbell, *Highway Traffic Estimation, op. cit.*, p. 80-86. Voorhees se réfère, dans le corps de son texte, à "Reilly's Law" (p. 51) sans autre précision. Rappelons que William J. Reilly, de l'université du Texas, publie *The Law of Retail Gravitation*, en 1931 ; le livre est réédité en 1953 (William J. Reilly, *The Law of Retail Gravitation*, New York, Pilsbury Publishers, 1953). Sur le commerce entre des données obtenues par observation/expérimentation et un arrière-fond d'hypothèses et d'attentes qui amène le savant à privilégier certaines hypothèses (et formules) pour rendre compte des données recueillies, voir les débats autour des travaux expérimentaux de Coulomb : Christine Blondel et Matthias Dörries (éd.), *Restaging Coulomb : usages, controverse et répliques autour de la balance de torsion*, Firenze, Leo S. Olschki, 1994).

<sup>280</sup> A. M. Voorhees, « Forecasting Peak Hours of Travel », *Highway Research Board Bulletin*, n° 203, *op. cit.*

## La modélisation des déplacements urbains et ses acteurs professionnels (1955-1970)

En 1955, un certain Joseph Douglas Carroll, Jr., « Doug » pour les proches, arrive à Chicago pour prendre la direction du « Chicago Area Transportation Study » (CATS), organisme fondé au mois de janvier de cette même année, par la « City of Chicago », le « County of Cook » et le « State of Illinois » en coopération avec le « Bureau of Public Roads », représentant de l'Administration fédérale<sup>281</sup>. Sa mission : concevoir pour l'agglomération illinoise un système de transport efficace pour les vingt-cinq ans à venir. S'adressant à ses collaborateurs et subordonnés à travers les colonnes d'une revue interne créée par ses soins, le directeur ne cache pas ses ambitions : « I hope and believe that our final reports will represent a landmark in planning for better cities. If this is so we will have provided a target towards which all governmental agencies in this Area can work, and we will have performed a great public service »<sup>282</sup>. Le temps a donné raison à l'auteur de ces propos. Rares sont, en effet, les études qui sont considérées par la communauté des praticiens comme fondatrices d'une discipline entière, celui de « urban transportation planning » en l'occurrence<sup>283</sup>.

Né en 1917 à Minneapolis, Joseph Douglas Carroll entame ses premières études universitaires dans l'une des universités de la prestigieuse « Ivy League », « Dartmouth College », dont il sort diplômé en 1938<sup>284</sup>. La guerre terminée, il intègre, en 1945, la « Graduate School of Design » à Harvard. Après avoir obtenu son « Master of City Planning » en 1947, Carroll soutient, toujours au sein de la même institution, sa thèse de doctorat, intitulée « Home Work

---

<sup>281</sup> Sur la création du CATS, voir : John F. McDonald, « The First Chicago Area Transportation Study Projections and Plans for Metropolitan Chicago in Retrospect », *Planning Perspectives*, vol. 3, n° 3, 1988, p. 245-268 (p. 248-259), et surtout : Andrew V. Plummer, *The Chicago Area Transportation Study. Creating the First Plan (1955-1962), a Narrative*, document très riche en informations, disponible sur internet à l'adresse :

[http://www.surveyarchive.org/Chicago/cats\\_1954-62.pdf](http://www.surveyarchive.org/Chicago/cats_1954-62.pdf) (19 mars 2013). Voir aussi les archives personnelles de Douglas Carroll dont un certain nombre seront citées plus bas.

<sup>282</sup> *CATS Meow* (published by Chicago Area Transportation Study), vol. 1, n° 1, juillet 1956, p. 1.

<sup>283</sup> « If asked to designate a founding year for the field of urban transportation planning, I would expect many to name 1956, the year the Chicago Area Transportation Study (CATS) conducted its initial surveys » (D. Boyce, « A Silver Jubilee for Urban Transportation Planning », *Environment and Planning A*, vol. 12, 1980, p. 367-368).

<sup>284</sup> A. Plummer, *The Chicago Area Transportation Study, op. cit.*, p. 8. Un résumé de la carrière de J. Douglas Carroll se trouve parmi les papiers personnels de son collaborateur John R. Hambourg (Archives personnelles de John R. Hamburg : George Mason University Libraries, C0073, Box 3, Folder 5).



Relationship of Industrial Employees », en juin 1950<sup>285</sup>. Mais même avant d'être nommé docteur, il entreprend, entre 1948 et 1953, une collaboration avec l'université du Michigan en tant que responsable (« Director ») du « Social Science Research Project », dont l'objectif est d'organiser des recherches de terrain, menées par des étudiants déjà diplômés, sur des questions urbaines susceptibles d'intéresser la ville de Flint<sup>286</sup>. Carroll va diriger, entre autres, un « parking survey » (1949), que l'auteur voudra compléter avec « a more complete traffic study ». Il est alors amené à collaborer “with city officials and State and Federal Officials in encouraging a complete Origin-Destination study of the Area. The State Highway Department made a duplicate set of all IBM cards and furnished them to the Project. The six Fellows for the 1951-52 academic year carried out intensive analyses of the travel to the Central Business District”<sup>287</sup>.

C'est alors en tant que chercheur, titulaire d'un Ph.D. et auteur de plusieurs articles scientifiques<sup>288</sup>, mais aussi en tant que praticien, « traffic engineer » et « planner », membre à la fois d'« American Institute of Planners » et d'« Institute of Traffic Engineers »<sup>289</sup>, que Carroll se voit propulsé directeur du « Detroit Metropolitan Area Traffic Study » en 1953. Il saura faire fructifier cette double culture. Même si la future aventure de Carroll à Chicago va surpasser en notoriété l'étude sur la planification de transports qu'il a dirigée à Detroit, à en croire un de ses collaborateurs, c'est à Detroit que l'idée selon laquelle les infrastructures de transport urbain devraient être conçues comme formant un *systeme* dont les différentes parties interagissent les unes avec les autres a trouvé sa première matérialisation opérationnelle<sup>290</sup>. C'est lors de son passage à Detroit durant la période 1953-1955 aussi que le docteur de Harvard va constituer une équipe de fidèles qui vont le suivre à Chicago. C'est à l'occasion de l'étude de Detroit que le collectif de travail dirigé par Carroll commence à se faire également un nom au sein des modélisateurs du trafic, même si les travaux des uns et des autres

---

<sup>285</sup> J. Douglas Carroll, Jr., « The Relation of Homes to Work Places and the Spatial Pattern of Cities », *Social Forces*, vol. 30, n° 3, 1952, p. 271-282 (p. 278, note 14).

<sup>286</sup> Carroll a raconté cette expérience dans: J. Douglas Carroll, Jr., “A Continuing University – Community Research Project”, *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 19, n° 2, 1953, p. 78-86.

<sup>287</sup> *Ibid.*, p. 84.

<sup>288</sup> J. Douglas Carroll, Jr., « Some Aspects of the Home Work Relationships of Industrial Workers », *Land Economics*, vol. 25, n° 4, 1949, p. 414-422; Id., “A Continuing University – Community Research Project”, *op. cit.*

<sup>289</sup> Voir la petite notice biographique à la tête de l'article suivant : J. D. Carroll, Jr., « Defining Urban Trade Areas », *Traffic Quarterly*, avril 1955, p. 149-161.

<sup>290</sup> Roger L. Creighton, *Urban Transportation Planning*, Urbana, University of Illinois Press, 1970, p. 131.

débouchent sur des améliorations incrémentales au sein d'un cadre général partagé plutôt que par des innovations singulières majeures. Ainsi dans le domaine de l'affectation du trafic sur une nouvelle infrastructure, l'équipe propose ses propres courbes de répartition entre itinéraires alternatifs, qui utilisent comme variables d'affectation la distance et, chose originale, la vitesse (les deux, sous forme de ratio)<sup>291</sup>, alors qu'elle sera pionnière dans l'usage de moyens mécaniques pour la mise en oeuvre opérationnelle de ces courbes dans les études de planification. En matière de distribution des flux de trafic entre zones, le collectif autour de Carroll va confectionner une variante de la méthode « Fratar », passée à la postérité comme la « Detroit method », et dont l'un de mérites est de diminuer « computer operations and time »<sup>292</sup>. Les résultats obtenus à Detroit seront publiés dans la presse technique de l'époque, dont les publications du « Highway Research Board »<sup>293</sup>, alors que l'étude donnera lieu à la parution d'un rapport final, composé de deux volumes, qui fera des émules<sup>294</sup>. Pratiquement toute grande étude de planification de transport pour une région métropolitaine dans les années 1960, dont celle de Chicago, débouchera sur de très belles publications qui impressionnent encore aujourd'hui par la qualité de la mise en scène des informations. Ces livres ont constitué de véritables défis pour les imprimeurs des années 1960<sup>295</sup>.

En arrivant à Chicago, Carroll amène avec lui l'expérience acquise lors de son passage à Detroit et plusieurs (cinq sur dix) de ses collaborateurs. Sans viser à l'exhaustivité, voici un portrait collectif de l'équipe de Chicago, dont certains membres vont susciter des vocations parmi des modélisateurs de la génération suivante<sup>296</sup>. Commençons par ceux qui viennent de Detroit. Earl Wilson Campbell (1925- ?) est diplômé en génie civil de « West Virginia

---

<sup>291</sup> *Report on the Detroit Metropolitan Traffic Study*, Part II: "Future Traffic and A Long Range Expressway Plan", Speaker-Hines and Thomas, Inc., State Printers, Lansing, Michigan, mars 1956, ch. VII et "Appendix"; Earl Wilson Campbell, "A Mechanical Method for Assigning Traffic to Expressways (Appendix: Step by Step machine Procedures, par Robert E. Vanderford)", *Highway Research Board Bulletin*, n° 130, *op. cit.*, p. 27-46.

<sup>292</sup> Howard W. Bevis, « Forecasting Zonal Traffic Volumes », *Traffic Quarterly*, avril 1956, p. 207-222 (p. 208); J. Douglas Carroll, Jr., « Future Traffic Predictions for the Detroit Area », *Highway Research Board, Proceedings of the 36<sup>th</sup> Annual Meeting*, Washington, D.C., 1957, p. 680-685.

<sup>293</sup> Outre les références déjà citées, voir J. Douglas Carroll, Jr., « Future Traffic Predictions for the Detroit Area », *Highway Research Board, Proceedings of the 36<sup>th</sup> Annual Meeting*, Washington, D.C., 1957, p. 680-685.

<sup>294</sup> *Report on the Detroit Metropolitan Area Traffic Study*, Part I : « Data Summary and Interpretation », *op. cit.*; *Report on the Detroit Metropolitan Traffic Study*, Part II: "Future Traffic and A Long Range Expressway Plan", Speaker-Hines and Thomas, Inc., State Printers, Lansing, Michigan, mars 1956.

<sup>295</sup> Sur la fabrication du rapport final pour l'étude de Pittsburgh, voir : Wade G. Fox, « Preparation of Pittsburgh Area Transportation Study Final Report », *PATS Research Letter*, vol. 4, n° 2, 1962, p. 14-29.

<sup>296</sup> Ainsi le jeune Robert Dial rêvait reproduire les prouesses d'un Morton Schneider (information contenue dans « Dial\_hudhistory\_8.15.07.doc », texte long de 17 pages, écrit par Robert Dial et qui m'a été aimablement communiqué par l'auteur).

University » (1949) et ancien du « Yale Bureau of Highway Traffic » (1951). Avant d'entamer sa collaboration avec Carroll, il avait travaillé pendant deux ans « as traffic manager of the West Virginia State Road Commission »<sup>297</sup>. Arrivé à Chicago, Campbell retrouve son poste de « Chief traffic engineer ». Howard Bevis, un économiste diplômé de l'université du Michigan en 1951, qui entre 1950 et 1953, « was busy doing product evaluation and sales forecasting for a major automobile firm »<sup>298</sup>, s'occupe de « Economics Research ». John R. Hamburg (1928-2000), sociologue urbain, diplômé de « Wayne University » et titulaire d'un master dans cette discipline, est chargé de la « Land Use and Population Research »<sup>299</sup>. R. E. Vanderford, avant de rejoindre l'équipe de Carroll à Detroit en 1954 comme « Machine and Tabulations Supervisor », avait étudié le « computer programming at IBM, and worked as a supervisor in the IBM depts. of General Motors, and Kaiser Motors for eight years »<sup>300</sup>. A Chicago il est responsable du « Data Processing ». Garred P. Jones, géographe de formation, avec une expérience de « cartographic editor » pour l'« U.S Corps of Engineers »<sup>301</sup>, s'occupe de « Graphics and Design »<sup>302</sup>. La « Greater Detroit Area » était, en 1953, forte de 3 000 000 habitants et contenait quelques 1 000 000 voitures<sup>303</sup>. Mais avec Chicago, on change encore d'échelle. La région métropolitaine fait presque le double en matière de population – 5,2 millions d'habitants en 1956 –, et elle contient 1,6 millions de voitures<sup>304</sup>. Carroll va alors renforcer son « supervisory staff », en recrutant en premier lieu deux nouveaux « Assistant Directors ». Roger L. Creighton, responsable de « Research and Planning », est un ancien de Harvard, titulaire, comme son chef, d'un « Master of City Planning degree » du « Graduate School of Design ». Attiré dans un premier temps par la vie universitaire, il assure des fonctions d'« instructor » dans cette école en 1951-52. Creighton a quatre ans et demi d'expérience professionnelle comme « Planning Director of the Portland City Planning Board » (Etat du Maine). L'autre « Assistant Director » est une vieille connaissance de Carroll, lorsque celui-ci dirigeait l'étude de Detroit : Peter J.

<sup>297</sup> *CATS Meow*, vol. 1, n° 11, 1956, p. 3.

<sup>298</sup> *CATS Meow*, vol. 1, n° 13, 1957, p. 2.

<sup>299</sup> *Ibid.*

<sup>300</sup> *CATS Meow*, vol. 1, n° 12, 1957, p. 4.

<sup>301</sup> *Ibid.*

<sup>302</sup> Pour les fonctions de ses collaborateurs de Carroll à Chicago, voir : Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 1: « Survey Findings », Chicago, Printed by Western Engraving & Embossing Co., décembre 1959.

<sup>303</sup> *Report on the Detroit Metropolitan Traffic Study*, Part II: « Future Traffic and A Long Range Expressway Plan », *op. cit.*, p. 13.

<sup>304</sup> Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 1: « Survey Findings », *op. cit.*, p. 1.

Caswell, responsable d'« Administration and Work Programming », est un ingénieur électricien diplômé de l'université de Detroit. Après avoir travaillé pendant deux ans dans l'« Engineering Department » d'IBM, il « joined the accounting machine sales division for three years. It was he who sold the Detroit Study their accounting machines (...) »<sup>305</sup>. Pour compléter le tableau de la première équipe composant le « Supervisory Staff », il faut ajouter le nom de Dayton Jorgensen, nommé, en 1956, responsable de « Internal Survey », apportant à Carroll ses compétences d'enquêteur pour le « U.S Bureau of the Census »<sup>306</sup>. Pour une étude, censée durer trois ans, mais qui, vue l'ampleur qu'elle va prendre par la suite, sera achevée au bout de sept, avec une facture de quelque 3 500 000 dollars de l'époque<sup>307</sup>, enregistrer des départs et des nouveaux recrutements est dans l'ordre des choses. Le premier volume du *Rapport Final* de l'étude, publié en décembre 1959, faisait état d'un « Supervisory Study Staff » de neuf personnes au total, dont Carroll lui-même. Les second et troisième volumes, publiés en juillet 1960 et en avril 1962 respectivement, mentionnent vingt personnes (neuf en tant que « Supervisory », onze en tant que « Supporting »). Parmi les nouveaux noms, contentons-nous d'en citer trois : Louis E. Keefer, qui avait commencé sa carrière dans le domaine des transports comme « cartographic draftsman » à la « West Virginia State Road Commission », et où il fait la connaissance de Campbell<sup>308</sup> ; Irving Hoch, titulaire d'un Ph .D. d'économie de l'université de Chicago, membre du « Supervisory group » en tant que responsable de « Economic Analysis », et surtout Morton Schneider. Diplômé de l'université de Chicago, un temps chercheur en physique et chauffeur de taxi, Schneider intègre le groupe en 1956 pour s'occuper de « systems analysis », à savoir des analyses mobilisant des ordinateurs ; l'homme versera, on va pas tarder à le découvrir, dans le dossier de la modélisation des déplacements urbains une série de pièces majeures<sup>309</sup>. Et comme dans le cas de Detroit, Carroll a dû orchestrer avec l'aide de ses collaborateurs le mouvement d'une armée de travailleurs, composée de plus de trois-cent-soixante personnes, remerciés « for their very loyal and thorough craftsmanship in interviewing, in coding and in processing several

---

<sup>305</sup> *CATS Meow*, vol. 1, n° 10, 1956, p. 3.

<sup>306</sup> *CATS Meow*, vol. 1, n° 12, 1957, p. 4.

<sup>307</sup> Alan Black, «The Chicago Area Transportation Study: A Case Study of Rational Planning, *Journal of Planning Education and Research*, vol. 10, n° 1, 1990, p. 27-37 (p. 28).

<sup>308</sup> Louis E. Keefer, «The Traffic Engineer, the Clean Air Act and Energy», *ITE Journal*, décembre 1979, p. 22-25 (p. 25).

<sup>309</sup> Informations biographiques contenues dans: Roger L. Creighton, Irving Hoch et Morton Schneider, « The Optimum Spacing of Arterials and of Expressways », *Traffic Quarterly*, octobre 1959, 477-494 (p. 477); A. Black, «The Chicago Area Transportation Study: A Case Study of Rational Planning», *op. cit.*, p. 35.

million pieces of information, and also in the other tasks necessary for a complete and accurate report »<sup>310</sup>.

Si on s'est appesanti sur la composition de l'équipe réunie autour de Carroll, c'est qu'on est devant un *nouveau* type d'acteur dans le domaine de la planification des transports en général et le champ de la modélisation des déplacements urbains en particulier. Voici donc une large équipe véritablement pluridisciplinaire, composée de travailleurs hautement qualifiés, dont plusieurs Ph.D., qui a réussi à fonctionner pendant plusieurs années comme un *site original* – géographique mais surtout organisationnel – de production de savoirs et de pratiques novateurs<sup>311</sup>. Pour utiliser une autre métaphore, l'étude de Chicago est devenue pour la modélisation des déplacements urbains une sorte de « trading zone »<sup>312</sup>, où plusieurs personnes venant d'horizon divers entrent en intense interaction. Essayons donc de scruter les raisons de cette réussite.

En acceptant de diriger l'étude de planification des transports sur Chicago, Carroll se trouve à la tête d'une grosse PME – quelque quatre cents personnes, en incluant le « staff » sont en effet mobilisées, de façon intermittente il est vrai, pour cette étude –, chargée de fabriquer un produit particulier, à savoir un plan de transports pour une ville à l'horizon de l'année 1980. En tant que patron d'une « entreprise » de cette taille, Carroll doit planifier le travail, le distribuer au sein de ses troupes, former ses hommes aux différentes tâches<sup>313</sup>, les inciter à donner le meilleur d'eux-mêmes tout en contrôlant la qualité de leurs efforts. Il va faire tout cela, en puisant par ailleurs dans l'arsenal des techniques mises au point par le « Scientific Management », comptant déjà plusieurs décennies d'existence. Ainsi, la structure dirigée par Carroll, du nom de « Chicago Transportation Area Study » (CATS) sera très vite dotée d'un organigramme composé de plusieurs unités, chacune comprenant plusieurs sous-unités sur la

---

<sup>310</sup> Chicago Area Transportation Study, *Final report*, vol. 1: "Survey Findings", *op. cit.*, "Acknowledgments".

<sup>311</sup> Sur la question des « sites » de production de connaissances, voir l'excellent article de synthèse signé par Christopher R. Henke et Thomas F. Gieryn, « Sites of Scientific Practice : The Enduring Importance of Place », dans Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch et Judy Wajcman (éd.), *The Handbook of Science and Technology Studies* Cambridge (Mass), The MIT Press, 2008 (3<sup>e</sup> ed.), p. 353-376.

<sup>312</sup> J'emprunte le terme de "trading zone" à Peter Galison, *Image and Logic : A Material Culture of Microphysics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1997.

<sup>313</sup> Voir, par exemple, Chicago Area Transportation Study, *Intersection Capacity Study. Manual of Instructions*, prepared by L. E. Keefer, sans date; Id., *Speed-Volume Study. Manual of Instructions*, prepared by L. E. Keefer, sans date.

base d'une division du travail bien précise<sup>314</sup>. La question de la qualité, celle des données de l'enquête ménages déplacements entre autres, est ainsi prise en charge par l'une de ces sous-unités, dirigée par Lucy F. Sassaman, qui va rapporter que « in some instances the spot check revealed poor training and alerted the District Chief to the need for more or better training procedures »<sup>315</sup>. Mais il y a plus. Patron au passé universitaire, Carroll ne souhaite pas fabriquer, quitte à améliorer le processus de production, un produit quelconque. Il veut produire de la nouveauté, et lui et son équipe le revendiquent publiquement<sup>316</sup>. Ils trouvent même que c'est la recherche qui différencie une organisation comme la leur d'un bureau d'études. Or, peut-on appliquer les préceptes du « Scientific Management » aux activités de la recherche ? La question est posée aux Etats-Unis depuis un certain temps déjà avec le développement de la fonction *R&D* au sein des grandes firmes privées, et la réponse donnée est positive. En tout cas de nombreux responsables de ces firmes croient fermement qu'il est possible de gérer, avec les aménagements nécessaires il va de soi, de façon rationnelle la recherche<sup>317</sup>. Apparemment Carroll partage cet avis, et il en va de même pour son assistant Creighton, le responsable du « Research and Planning » au sein du « Chicago Transportation Area Study » (CATS)<sup>318</sup>. CATS est-elle alors en train de devenir une grande organisation fonctionnant sur la base de règles formelles ? A en croire les témoignages de certains anciens du CATS, cette mise en place de plusieurs dispositifs de gestion n'a pas débouché sur une structure bureaucratique rigide. Carroll est un patron qui organise beaucoup, qui demande des comptes – le nombre de manuels et de rapports en tous genres produits par ses collaborateurs est impressionnant –, mais c'est aussi quelqu'un qui reste en même temps très proche de ses troupes et qui arrive à les galvaniser. En témoigne la création et le fonctionnement de la revue

---

<sup>314</sup> Voir J. D. Carroll, Jr., *Outline of Proposed Chicago Traffic Study*, 17 mai 1955 (dactylographié) (Archives personnelles de J. Douglas Carroll: Cornell University Library, C 4178, Box 1, Folder 10). Voir aussi E. W. Campbell, « Organizing a Continuing Agency for a Metropolitan Area Transportation Study », *Highway Research Board Proceedings*, Washington, D.C., 1959, p. 1-8.

<sup>315</sup> Lucy Sassaman, « An Approach to Quality Control », *CATS Research News*, vol. 1, n° 3, 1957, p. 9-11 (p. 11). Voir aussi : Lucy Sassaman, « The Interview – An Experience in Understanding », *CATS Research News*, vol. 1, n° 2, 1957, p. 3-4; *Id.*, « An approach to Quality Control. The Second of the Two Articles on the Control of Quality in the Home Interview », *CATS Research News*, vol. 1, n° 4, 1957, p. 8-11.

<sup>316</sup> Ainsi on lit dans un numéro du *CATS Research News*, revue lancée par Carroll et son équipe : « The C.A.T.S. Re News is a ReLaxed ReSearch Journal. By being more lax, we can indulge in more search, less research in the sense of digging up what someone else thought up before. (The last was stolen from Walter Groupius [sic]). So the reader is warned that what we seek to put out is ideas. A reasonable formalism will prevail, but communication of ideas is paramount » (*CATS Research News*, vol. 1, n° 4, 1957, « Compliments and a Warning »).

<sup>317</sup> Voir Steven Shapin, *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation*, Chicago, The University of Chicago Press, 2008.

<sup>318</sup> Roger Creighton, « Coordinating Research », *CATS Research News*, vol. 1, n° 2, 1957, p. 5-7.

*CATS Research News* lancée le 1<sup>er</sup> février 1957, publiée au rythme très soutenu de deux parutions par mois : sorte de cahiers de laboratoire pour les travaux en cours de l'équipe, elle est massivement investie par les proches collaborateurs de Carroll. En témoigne aussi la création et le contenu d'une autre revue, pendant non-scientifique des *CATS Research News* réservés aux « cadres » de l'organisation. Dirigée aussi par Carroll, *CATS Meow* débute le 27 juillet 1956 ; elle est consacrée à la vie de tous les jours de l'institution, et ses pages sont remplies de menus faits relatifs aux hommes et femmes « ordinaires » du CATS. Les mémoires de certains anciens collaborateurs de Carroll renforcent encore l'impression d'une institution qui était « a very good place to work »<sup>319</sup>, et où d'intenses échanges, souvent informels et pas toujours liés au travail – ainsi des membres de l'équipe dont Carroll en personne avaient pris la habitude pendant un certain temps de jouer au baseball dans les locaux du CATS<sup>320</sup> –, ont pu créer des liens fort basés sur une confiance mutuelle, dont l'importance pour la production de connaissances est si importante<sup>321</sup>. Quoi qu'il en soit, Carroll a su créer et faire fonctionner une organisation performante qui va jouer un rôle déterminant dans le processus de maturation du champ de la modélisation des déplacements urbains.

Déjà entouré d'une équipe au fort potentiel, Carroll, dans sa volonté d'innover, entre très vite, dès juin 1956, en contact avec une institution locale, « Armour Research Foundation »<sup>322</sup>. Créée en 1937, rattachée à l'« Illinois Institute of Technology », celle-ci dispose de neuf « Research Departments » et est forte de quelques 1250 personnes travaillant « on basic and applied research in practically all of the physical sciences and engineering »<sup>323</sup>. La rencontre du « Chicago Area Transportation Study » (CATS) avec « Armour » débouche sur deux

---

<sup>319</sup> A. Black, «The Chicago Area Transportation Study: A Case Study of Rational Planning, *op. cit.*, p. 34.

<sup>320</sup> *Ibid.*, p. 34-35 ; A. V. Plummer, *The Chicago Area Transportation Study. Creating the First Plan (1955-1962), a Narrative, op. cit.*, p. 10 et *passim*; Roger L. Creighton dédicace son livre : *Urban Transportation Planning, op. cit.*, «To J. Douglas Carroll, Jr. who pioneered in so much of this work».

<sup>321</sup> Sur la confiance dans le domaine des sciences et des techniques ainsi que sur les processus de sa production, voir : Steven Shapin, *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England*, Chicago, University of Chicago Press, 1994; Harry Collins, *Gravity's Shadow: The Search for Gravitational Waves*, Chicago, University of Chicago Press, 2004.

<sup>322</sup> Armour Research Foundation, *The Development of an Apparatus for the Generation of Two Dimensional Density Functions*, Part A : «Technical Presentation»; Part B: «Time and Cost Estimates», Submitted by Electrical Engineering Research Department, Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology, 16 août 1956 (p. 1).

<sup>323</sup> Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology, *Investigation of Methods for the Assignment of Trip Demand to a Road Network*, Part A : «Technical Presentation», Part II: «Time and Cost Estimates», Submitted by Electrical Engineering Research Department (Proposal N° 57-608E), 2 avril 1957, «Couverture».

projets. Le premier consiste en la conception et la construction pour le compte de l'institution dirigée par Carroll d'une machine électronique, qui va recevoir le nom de « Cartographatron » – ou « Cat's Eye » pour ceux qui trouvaient l'appellation savante trop difficile à retenir<sup>324</sup> –, capable de tracer de façon automatique et de présenter sur un tube cathodique les « lignes de désir » (*supra*) des habitants de la région métropolitaine, telles qu'elles ressortent de l'enquête ménages déplacement réalisée en été 1956 – 49 591 ménages avaient alors été interviewés au prix de 675 000 dollars de l'époque<sup>325</sup>. Vu la quantité de lignes de désir à tracer, on songe d'abord à un programme pour ordinateur permettant de les tracer automatiquement, mais cette solution est écartée car jugée trop consommatrice en temps d'usage d'une ressource rare et chère à l'époque, à savoir le temps d'ordinateur – vers 1964, le prix moyen de location d'un IBM 7090 variait entre 400 et 500 dollars par heure ; pour un modèle plus puissant comme l'IBM 7094, les prix allaient de 500 à 600 dollars (de 3700 à 4500 dollars d'aujourd'hui)<sup>326</sup>. Le « Cartographatron est livré aux locaux du CATS en février 1958 ; sa conception et sa construction ont nécessité plus de deux ans de travail et la facture s'est élevée à 68 500 dollars. La machine est utilisée pour la première fois au mois d'août 1958, et jusqu'à la fin de l'année 1960, le dispositif produit « some 200 displays of trip desire lines and trip ends (dot patterns) from Chicago data » : coût de l'opération, 133 500 dollars, dont 18 500 en salaire pour l'opérateur de la machine. Malgré ce coût considérable, un satisfecit est accordé à la machine, qui sera aussi utilisée par le « Pittsburgh Area Transportation Study » et la « Federal Aviation Agency »<sup>327</sup>.

L'autre projet développé par « Armour Research Foundation » pour le compte du « Chicago Transportation Area Study » (CATS) porte sur la question de l'affectation du trafic sur le

---

<sup>324</sup> Gene Letendre, « Programming the Cartographatron », *CATS Research News*, vol. 2, n° 6, 1958, p. 11-17 (p. 11).

<sup>325</sup> Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 1: « Survey Findings », *op. cit.*, p. 30; A. Black, « The Chicago Area Transportation Study: A Case Study of Rational Planning », *op. cit.*, p. 29.

<sup>326</sup> U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, Urban Planning Division, *Traffic Assignment Manual for Application with a Large, High Speed Computer*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, juin 1964, p. IV-25. Pour une histoire de l'usage partagé (contre argent) des ordinateurs quand ils étaient une ressource rare, voir Martin Campbell-Kelly et Daniel D. Garcia-Swartz, « Economic Perspectives on the History of the Computer Time-Sharing Industry, 1965-1985 », *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 30, n° 1, 2008, p. 16-36.

<sup>327</sup> Voir en premier lieu : B.F. Vrtis et G.P. Jones (prepared by), *The Cartographatron: A Review and Evaluation*, Chicago, Chicago Area Transportation Study, 30 août 1961 (p. 5 pour la citation); B.F. Vrtis, *Cartographatron Tape Format*, Chicago, Chicago Area Transportation Study, 15 mars 1963; B.F. Vrtis, *Cartographatron Operation Manual*, Chicago, Chicago Area Transportation Study, 8 février 1960; J. Douglas Carroll, Jr. et Garred P. Jones, « Interpretation of Desire Line Charts Made on a Cartographatron », *Highway Research Board Bulletin*, n° 253, *op. cit.*, p. 86-108.



réseau. On se souvient que les membres du CATS sont familiers de la technique des « courbes de répartition entre itinéraires alternatifs » dont ils avaient, par ailleurs, développé une variante pour l'étude de Detroit (*supra*). Or, cette méthode est conçue pour des cas où les itinéraires alternatifs sont limités, voir réduits au nombre de deux : celui qui passe par la nouvelle infrastructure, et l'itinéraire le plus avantageux *via* le réseau existant. Pour une région métropolitaine aussi grande que l'agglomération de Chicago, les itinéraires possibles (et intéressants pour l'automobiliste) pour une paire « origine-destination » donnée sont trop nombreux pour appliquer avec efficacité la technique de « diversion curves ». Carroll et son équipe essaient alors d'imaginer une technique qui prenne en compte la *totalité* du réseau<sup>328</sup>. Après « Cartographatron », l'« Armour Research Foundation » est alors sollicitée de nouveau, au début de l'année 1957, sur la question de l'affectation cette fois<sup>329</sup>. Ce sont des membres du « Operations Research Group », faisant partie de « Mathematical Services Section » de l'institution, avec des collègues du « Computer and Data Processing Group » qui vont explorer la question du côté d'« Armour »<sup>330</sup>. Ils vont alors tomber sur deux documents très récents relevant du champ de la Recherche opérationnelle (RO) qui traitent tous les deux de la question dit du « chemin le plus court » sur un réseau (un graphe en termes mathématiques) : il s'agit d'inventer un algorithme capable de trouver, pour une paire de nœuds quelconque du réseau, le chemin le plus court (en termes de temps, par exemple) allant d'un nœud à l'autre<sup>331</sup>. Les deux auteurs en question sont les mathématiciens Edward Forrest Moore (1925-2003)<sup>332</sup>, un des fondateurs de la théorie des automates, qui avait travaillé entre 1951 et 1956 aux « Bell Telephone Laboratories » sur des circuits (réseaux) téléphoniques, et George B. Dantzig (1914-2005)<sup>333</sup>, père de la programmation linéaire, à l'époque chercheur à la RAND

---

<sup>328</sup> J. Douglas Carroll, Jr., « A Method of Traffic Assignment to an Urban Network », *Highway Research Board Bulletin*, n° 224 : « Trip Characteristics and Traffic Assignment », 1959, p. 64-71 (p. 64).

<sup>329</sup> Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology, *Investigation of Methods for the Assignment of Trip Demand to a Road Network*, *op. cit.*, p. 1.

<sup>330</sup> Pour la composition précise du groupe, voir *ibid.*, p. 16-19.

<sup>331</sup> Sur la question du « chemin le plus court », voir Alexander Schrijver, « On the History of the Shortest Path Problem », *Documenta Mathematica/Extra Volume ISMP*, 2012, p. 155-167.

<sup>332</sup> Sur Moore, voir la notice nécrologique rédigée par ses collègues de l'« University of Wisconsin-Madison » : [http://www.secfac.wisc.edu/senate/2003/0929/1727%28mem\\_res%29.pdf](http://www.secfac.wisc.edu/senate/2003/0929/1727%28mem_res%29.pdf) (21 mars 2013). Le texte de Moore est : Edward F. Moore, « The Shortest Path Through a Maze », dans H. Aiken (éd.), « Proceedings of an International Symposium on the Theory of Switching, 2-5 April 1957, Part II », *The Annals of the Computational Laboratory of Harvard University*, vol. 30, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1959, p. 285-92. Les chercheurs d'« Armour » citent le document rendu pour la conférence (Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology, *Investigation of Methods for the Assignment of Trip Demand to a Road Network*, *op. cit.*, p. 21).

<sup>333</sup> Saul I. Gass, « IFORS' Operational Research Hall of Fame : George B. Dantzig », *International Transactions in Operational Research*, vol. 10, 2003, p. 191-193. Le texte de Dantzig auquel les chercheurs d'« Armour » font

Corporation. La proposition des chercheurs d'« Armour », nommée « minimum path algorithm », s'appuie sur le travail de Moore, mais les auteurs reconnaissent aussi leur dette à l'égard des travaux de Dantzig, à qui ils empruntent par ailleurs la notation<sup>334</sup>. L'algorithme est alors programmé sur un modèle IBM 650 et est appliqué à un réseau fictif comprenant dix-huit nœuds<sup>335</sup>. Carroll et ses collaborateurs sont séduits par le produit livré en juin 1957, qui est néanmoins inutilisable en l'état pour un réseau de la taille de la région métropolitaine de Chicago. Morton Schneider va développer alors « an ingenious modification of this minimum path program to bring the traffic assignment within the range of computational feasibility », ce qui s'est traduit tout de même par onze heures d'exécution sur une machine IBM 704<sup>336</sup>. Mais le même Schneider va procéder à une autre amélioration substantielle de la méthode en réussissant à incorporer dans cette technique d'affectation basée sur le chemin le plus court le fait que les arcs du réseau (les routes) ont une capacité limitée et que le temps de parcours, et par conséquent le chemin le plus court, dépend chaque fois de l'état de la congestion sur le réseau<sup>337</sup> (voir ch. 4).

Et la machine à innover va continuer à fonctionner. Après l'affectation, l'équipe de Chicago s'attaque à la question de la distribution des flux entre les zones de la ville. Bevis, qui avait produit une variante de la méthode « Fratar » pour Detroit, inspiré cette fois par le travail de Voorhees, essaie un modèle qui combine le principe gravitationnel avec la technique toute récente de la programmation linéaire<sup>338</sup>. Mais c'est encore une fois Schneider qui va sortir des

---

référence est : George B. Dantzig, *Notes on Linear Programming* : Part XXXV "Discrete Variable Extremum Problems", Santa Monica, The Rand Corporation, décembre 1956 (Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology, *Investigation of Methods for the Assignment of Trip Demand to a Road Network*, *op. cit.*, p. 21).

<sup>334</sup> Le travail en question est: George B. Dantzig, « Discrete-Variable Extremum Problems », *Operations Research*, vol. 5, n° 2, 1957, p. 266-77 ("The Shortest-Route Problem", in *ibid.*, p. 270-73).

<sup>335</sup> Armour Research Foundation of Illinois Institute of Technology, *Investigation of Methods for the Assignment of Trip Demand to a Road Network*, Phase Report N° 1 : "Algorithm for Finding Shortest Paths Between Pairs of Points in a Network", ARF Project E084, juin 1957.

<sup>336</sup> J. Douglas Carroll, Jr., « A Method of Traffic Assignment to an Urban Network », *op. cit.*, p. 65 et p. 70 (p. 65-68, pour la description de la méthode).

<sup>337</sup> Sur la question de la capacité limitée des arcs du réseau et les réflexions développées au sein du CATS à ce sujet, voir : « Nicholas G. Vivona, « Traffic Assignment : Toronto Approach », *CATS Research News*, vol. 1, n° 19, 1957, p. 12-16 ; E. Wilson Campbell, « Some Thoughts on Traffic Assignment », *CATS Research News*, vol. 1, n° 22, 1957, p. 14-15 ; E.L. Gardner, « Evaluation of Friction Measures », *CATS Research News*, vol. 2, n° 5, 1958, p. 10-13. Sur le travail de Schneider, voir : Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 2 : « Data Projections », Chicago, Printed by Western Engraving&Embossing Co., juillet 1960, « Assignment to a Network with Limited Capacity » (p. 107-110).

<sup>338</sup> Howard W. Bevis, « A Model for Predicting Urban Travel Patterns », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, n° 2, 1959, p. 87-89.

sentiers battus. Le collaborateur de Carroll est physicien à l'origine, mais visiblement le principe newtonien ne lui plaît pas quand on l'applique aux flux de trafic à l'intérieur d'une ville, comme Voorhees venait de le faire au milieu des années 1950 – quant à la famille de modèles dite de « facteur de croissance » de type « Fratar », pour Schneider « they are more or less arbitrary algorithms of small theoretical interest »<sup>339</sup>. Pourquoi un tel scepticisme pour le principe gravitationnel ? Parce que “there is no real kinship between a gravitational field and a trip generating system. Newtonian gravity is an energy-force field characterizing the motions of particles, not their intentions”<sup>340</sup>. Schneider va proposer alors un modèle de son crû faisant intervenir ces intentions qui différencient, d'après l'auteur, les humains des particules, et qui puise son principe dans les travaux produits par le sociologue Samuel A. Stouffer à fin des années 1930<sup>341</sup>. Passé à la postérité sous le nom de modèle d'opportunité (« intervening-opportunity model »), la construction de Schneider fait appel aux probabilités – de choisir une destination particulière – et est édifiée sur la base de l'hypothèse qu'en général on souhaite entreprendre des déplacements aussi courts que possibles et qu'on s'éloigne davantage de notre origine seulement quand on échoue à trouver à proximité une destination acceptable eu égard au motif de notre déplacement<sup>342</sup>.

Même si l'équipe de Chicago en était restée là, elle aurait à coup sûr gagné une place dans le panthéon des modélisateurs des déplacements urbains. Mais Carroll et ses collaborateurs veulent aller encore plus loin. Tournons-nous donc maintenant vers ce qui est peut-être la contribution la plus durable de l'équipe dans le champ de la modélisation des déplacements urbains : l'invention et la mise en application pour la première fois de la modélisation dite « à quatre étapes » (cf. Introduction générale). Pourquoi la plus durable ? Car, alors que les modèles à l'intérieur de chacune de quatre étapes vont évoluer, le cadre général qui les englobe et les organise ensemble est toujours présent sur la scène de la modélisation des déplacements urbains. D'où vient le chiffre de quatre ? Du fait que la chaîne totale de la modélisation des déplacements urbains pratiquée par l'équipe de Chicago comporte quatre

---

<sup>339</sup> Morton Schneider, « Gravity Models and Trip Distribution Theory », *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, vol. 5, 1959, p. 51-56 (p. 51).

<sup>340</sup> *Ibid.*

<sup>341</sup> Samuel A. Stouffer, « Intervening Opportunities: A Theory Relating Mobility and Distance », *American Sociological Review*, vol. 5, n° 6, 1940, p. 845-867.

<sup>342</sup> Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 2 : « Data Projections », *op. cit.*, p. 81-86 et p. 111. Pour une présentation du modèle d'opportunité en français : Elisabeth Balavoine, *La prévision de la demande de Transports urbains*, Thèse pour le doctorat d'Etat en sciences économiques, Université de Bordeaux I, 1981, p. 122-127.

étapes<sup>343</sup>. Nous avons déjà rencontré deux d'entre elles: l'étape d'affectation, où on trouve une technique basée sur le principe du chemin le plus court, revisitée par Schneider pour qu'elle incorpore les effets de la congestion ; l'étape de distribution, occupée par le modèle d'opportunité, confectionné toujours par Schneider. Ces deux étapes sont liées entre elles ; ainsi, les sorties de l'étape de distribution, à savoir les flux totaux distribués entre les zones de l'agglomération, alimentent l'étape d'affectation, qui, à son tour, les affecte justement sur les différents arcs du réseau. Mais où le modèle d'opportunité trouve-t-il les flux totaux pour les distribuer à son tour entre les différentes zones ? C'est l'étape de génération (« trip generation ») qui modélise ces flux totaux, émis et attirés par chacune de ces zones. En utilisant les données de l'enquête ménages déplacements de l'année 1956, l'équipe de Carroll va établir des corrélations entre le nombre des déplacements par ménage, d'un côté, des variables comme la possession de la voiture et les caractéristiques d'occupation des sols (la densité notamment), de l'autre<sup>344</sup>. Même si des modèles ultérieurs pour l'étape de génération mettront en jeu diverses sortes de variables, l'opération consistant à établir des corrélations entre les flux émis et attirés par chaque zone et les caractéristiques de la zone et de la population qui s'y trouve aura un bel avenir. L'équipe de Chicago va introduire aussi de façon explicite dans le processus de modélisation des déplacements urbains une *quatrième* étape, celle du choix modal (« modal split »), même si la façon dont elle va le faire n'aura pas beaucoup de successeurs. Rappelons que l'étape de choix modal est celle qui distribue les flux de trafic entre les différents moyens de transports. Dans sa forme stabilisée, la modélisation à quatre étapes accueille le choix modal après la distribution<sup>345</sup>. L'équipe de Chicago inverse l'ordre : les flux modélisés par l'étape de génération alimentent ici celle du choix modal, qui répartit ces flux en flux automobiles et en flux véhiculés par les transports en commun (ces derniers flux sont répartis par ailleurs en deux catégories : des flux ayant comme destination le « Central Business District » et les autres). Comme pour l'étape de génération, Carroll et ses collaborateurs vont s'appuyer sur l'enquête ménages déplacements de l'année 1956 pour

---

<sup>343</sup> Une première présentation de l'idée de modéliser les déplacements urbains sous forme d'étapes qui se succèdent se trouve dans un texte cosigné par Carroll et Bevis en 1957 : J. Douglas Carroll, Jr. et Howard W. Bevis, « Predicting Local Travel in Urban Regions », *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, vol. 3, 1957, p. 183-197. Voir aussi : Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 1 : « Survey Findings », p. 7 et p. 9 (figures).

<sup>344</sup> Chicago Area Transportation Study, *Final report*, vol. 1: « Survey Findings », *op. cit.*, ch. V : « Trip Generation » ; Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 2: « Data Projections », *op. cit.*, ch. 4 et ch. 5.

<sup>345</sup> Sur la question de l'ordre des étapes, voir, par exemple : Peter R. Stopher et Arnim H. Meyburg, *Urban Transportation Modeling and Planning*, Lexington, Lexington Books, 1975, p. 185-188.

établir des corrélations entre l'usage des transports en commun et une série de variables, la possession de la voiture notamment<sup>346</sup>.

En 1962 voit le jour le dernier volume du rapport final de l'étude de Chicago contenant les propositions de l'équipe de Carroll en matière d'autoroutes et de transports en commun pour la région métropolitaine à l'horizon de l'année 1980<sup>347</sup>. « Chicago Transportation Area Study » (CATS) va rester sur place mais à partir de l'année 1961 plusieurs départs sont enregistrés, à commencer à celui de Carroll, qui quitte Chicago en 1963 pour New York où il va occuper dans les années 1960 et 1970 des postes de haute responsabilité au sein de « Tri-State Transportation Commission » (renommée au début des années 1970 « Tri-State Regional Planning Commission »)<sup>348</sup>. En 1962 déjà, Creighton et Hamburg étaient passés de l'Illinois à la région de New York : Creighton nommé directeur du « Niagara Frontier Transportation Study » avec comme adjoint son camarade de Chicago (1962-64)<sup>349</sup>. Après un bref passage au « New York State Department of Public Works », où ils retrouvent Schneider comme « Research Associate »<sup>350</sup>, les trois anciens de Chicago décident de passer du côté du privé : en 1967, Roger L. Creighton et John R. Hamburg fondent un bureau d'études qui aura comme collaborateur Schneider<sup>351</sup>. Keefer, quant à lui, en 1959 déjà, est en Pennsylvanie comme directeur d'une autre grande étude concernant la région métropolitaine de

---

<sup>346</sup> John J. Howe, « Modal Split of CBD Trips », *CATS Research News*, vol. 2, n° 12, 1958, p. 3-10; Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 1: « Survey Findings », *op. cit.*, p. 69-75, p. 86-89 et *passim*.

<sup>347</sup> Chicago Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 3: « Transportation Plan », Chicago, Printed by Western Engraving & Embossing Co., avril 1962.

<sup>348</sup> Je m'appuie sur un CV de Carroll trouvé dans les Archives personnelles de John R. Hamburg : George Mason University Libraries, C0073, Box 3, Folder 5. « Tri-State » se réfère aux trois Etats de New York, du New Jersey et du Connecticut.

<sup>349</sup> R. L. Creighton, *Urban Transportation Planning*, *op. cit.*, p. 372.

<sup>350</sup> John R. Hamburg (Acting Director, Bureau of Planning), *Simulation Models in Transportation Planning*, Presented at the New York University Conference on Large-Scale Public Electronic Data Processing Systems, New York City, April 1 and 2, 1966, Albany (NY), New York State Department of Public Works, sans date; Roger Creighton, *The Story of UNYTS*, Subdivision of Transportation Planning and Programming, New York State Department of Public Works, 1965; Morton Schneider, « Direct Traffic Assignment: An Antiquarian Addendum », dans Tri-State Transportation Committee, *Technical Bulletin*, vol. 1, n° 7, 1965, 1-3.

<sup>351</sup> Sur le bureau d'études fondé par les anciens du « Chicago Area Transportation Study » en 1967, voir : Archives personnelles de John R. Hamburg : George Mason University Libraries, C0073. En 1974, Hamburg fonde son propre bureau : « John Hamburg & Associates ». Après 1982, et jusqu'au milieu des années 1990, il servira comme « vice president » dans un autre grand bureau d'études : « Barton-Aschman Associates » (cette dernière information figure dans une brève notice biographique sur l'auteur, disponible à l'adresse suivante :

[http://sca.gmu.edu/finding\\_aids/hamburg.html](http://sca.gmu.edu/finding_aids/hamburg.html) : 10 mars 2013).

Pittsburgh<sup>352</sup>: l'organisation dirigée par l'ancien de Chicago, le « Pittsburgh Area Transportation Study », sera à plusieurs égards, jusqu'à l'appellation même, une organisation sœur du « Chicago Area Transportation Study » (CATS) : Hamburg, Jones et Schneider sont des « Consulting Specialists » et Carroll « Supervising Consultant »<sup>353</sup>. Il va de soi qu'en s'installant dans plusieurs endroits du territoire national et en offrant leurs services à de nombreux « clients », ces ex-collaborateurs de Carroll participent activement à la diffusion des pratiques de modélisation développées d'abord à Chicago<sup>354</sup>, comme ils l'avaient déjà fait durant les années où ils travaillaient au sein du CATS, par l'intermédiaire d'une multitude de publications dans des supports largement lus par les modélisateurs comme les produits éditoriaux du « Highway Research Board » ou la revue des aménageurs américains, le *Journal of the American Institute of Planners*<sup>355</sup>.

Toute cette mobilité géographique et professionnelle s'explique par le contexte de l'époque. En novembre 1962, parmi les seize aires métropolitaines américaines dépassant les 1 300 000 habitants, douze avaient commencé, et certaines comme Chicago avait déjà terminé, une large étude de transport, financée dans plusieurs cas par le « Bureau of Public Roads » (BPR) qui offrait également de l'assistance technique<sup>356</sup>. Et ce n'est qu'un début modeste. Dix ans plus tard, le nombre des aires métropolitaines aux Etats-Unis ayant entrepris des études de planification des transports à long terme, à l'aide de la modélisation à quatre étapes pour l'essentiel, dépasse les 250<sup>357</sup>. Les racines de cet engouement pour les études de planification

---

<sup>352</sup> Louis E. Keefer, « Traffic Assignment Travel Times », *PATS Research Letter*, vol. 1, n° 6, 1959, p. 1-5; Pittsburgh Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 1 : « Study Findings », novembre 1961, « Study Staff ».

<sup>353</sup> Pittsburgh Area Transportation Study, *Final Report*, vol. 1 : « Study Findings », *op. cit.*, « Study Staff ».

<sup>354</sup> John M. Dutton et William H. Starbuck dans « Diffusion of an Intellectual Technology » (dans Klaus Krippendorff (éd.), *Communication and Control in Society*, New York, Gordon and Breach Science Publishers, 1979, p. 489-511) avaient souligné déjà l'importance de la mobilité des personnes pour la diffusion de différentes « technologies intellectuelles ».

<sup>355</sup> Voici une série de références montrant comment des pratiques d'abord déployées à Chicago ont été reprises et développées ailleurs : Roger L. Creighton, J. Douglas Carroll Jr., Graham S. Finney, « Data Processing for City Planning », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, n° 2, 1959, p. 96-103 ; John R. Hamburg et Roger L. Creighton, « Predicting Chicago's Land Use Pattern », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, n° 2, 1959, p. 67-72 ; John R. Hamburg et Robert Sharkey, « Chicago's Changing Land Use and Population Structures », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 26, n° 4, 1960, p. 317-323 ; George T. Lathrop et John R. Hamburg, « An Opportunity-Accessibility Model for Allocating Regional Growth », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 31, n° 2, 1965, p. 95-103.

<sup>356</sup> Richard M. Zettel, Richard R. Carll et al., *Summary Review of Major Metropolitan Area Transportation Studies in the United States*, Special Report, Berkeley, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, novembre 1962, p. 1 et p. 10.

<sup>357</sup> Daniel Brand et Marvin L. Manheim (éd.), *Urban Travel Demand Forecasting*, Special Report n° 143, Washington, D.C., Highway Research Board, 1973, « Introduction », p. 1.

des transports sont plantées par le « 1956 Highway Act », qui concrétise la promesse de création d'un vaste réseau d'autoroutes quadrillant le territoire américain contenue dans le « Highway Act » de 1944 mais non matérialisée pour cause de financement (*supra*). Dans le contexte de la Guerre froide, celle-ci ajoutant aux problèmes (civils) de la congestion et des accidents la peur d'une attaque nucléaire<sup>358</sup>, la décision est prise de construire le « Dwight D. Eisenhower National System of Interstate and Defense Highways », plus connu comme « Interstate Highway System », comprenant 41 000 miles d'autoroutes, dont 5 500 en milieu urbain – 1000 de plus que le « 1944 Highway Act » au total. Après d'âpres discussions sur le financement, les représentants du peuple américain décident de créer un « Highway Trust Fund » financé par une taxe spécifique fédérale sur les « highway user products » (le carburant essentiellement), exclusivement dédiée à la construction du système. L'« Act » de 1956 autorise alors la dépense de 25 milliards de dollars (quelques 210 milliards d'aujourd'hui<sup>359</sup>) sur la période 1957-1969 pour la construction d'un système capable d'absorber le trafic prévu en 1975. L'Etat fédéral prend en charge 90% du coût du système, les 10% restant étant à la charge de chaque Etat concerné<sup>360</sup>. Suite au « 1962 Federal-Aid Highway Act », toutes les régions urbaines avec une population supérieure à 50 000 habitants vont créer des agences urbaines de planification des transports, qui peuvent recevoir de l'argent du gouvernement central à condition qu'elles respectent une série de règles édictées par l'administration fédérale, représentée par le « Bureau of Public Roads » (ces agences prendront au début des années 1970 leur appellation actuelle : « Metropolitan Planning Organizations » (MPO))<sup>361</sup>. Sous l'impulsion de ces « Acts », the « largest public works

---

<sup>358</sup> “In case of an atomic attack on our keys cities, the road net must permit quick evacuation of target areas, mobilization of defense forces, and maintenance of every essential economic function. But the present system in critical areas would be the breeder of a deadly congestion within hours of an attack” (*National Highway Program. Message from the President of the United States Relative to a National Highway Program, February 22, 1955 – Referred to the Committee on Public Works and ordered to be printed with illustrations*, Washington, D.C., United States Government Printing Office, 1955, p. IV). Sur la Guerre froide et l'« urban planning », voir: Jennifer S. Light: « Urban Planning and Defense Planning, Past and Future », *Journal of the American Planning Association*, vol. 70, n° 4, 2004, p. 399-410; *Id.*, “Urban Security from Warfare to Welfare”, *International Journal of Urban and Regional Research*, vol. 26, n° 3, 2002, p. 607-13; *Id.*, *From Warfare to Welfare: Defense Intellectuals and Urban Problems in Cold War*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 2003.

<sup>359</sup> Pour la conversion (en termes de pouvoir d'achat (« buying power »)), des dollars de l'année 'X' en dollars 2012, nous utilisons le site : <http://data.bls.gov/cgi-bin/cpicalc.pl> (20 mars 2013).

<sup>360</sup> En 1974, 36 000 miles d'« Interstate system » avaient été construits, et le coût de l'opération vers 1980 avait dépassé les cent milliards de dollars (de l'époque). Voir: Carl Abbott, *Urban America in the Modern Age: 1920 to the Present*, Arlington Heights (Ill.), Harlan Davidson, Inc., 2007 (2e éd.), p. 83; Mark H. Rose, “Reframing American Highway Politics, 1956-1995”, *Journal of Planning History*, vol. 2, n° 3, 2003, p. 212-236 (p. 218).

<sup>361</sup> Edward Weiner, *Urban Transportation Planning in the United States : An Historical Overview*, Westport (Connecticut), Praeger, 1999 (2e éd.), p. 33-34, p. 93; Thomas A. Morehouse, “The 1962 Highway Act: A Study in Artful Interpretation”, *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 35, n° 3, 1969, p. 160-168; Mark

program since the Pyramids », lancé par un Président Républicain apparemment conquis par la logique de « New Deal », pourra ainsi passer progressivement dans les faits et doter les villes américaines, pour le meilleur et pour le pire, de leur réseau actuel d'autoroutes urbaines<sup>362</sup>.

Or, avant de construire celles-ci, il faut les concevoir, à l'aide de modèles bien sûr. Nous avons rencontré déjà un type d'acteur impliqué dans la conception de ces infrastructures : l'agence urbaine de planification des transports, illustrée par le « Chicago Area Transportation Study » (CATS). Nous centrerons notre focale maintenant sur un autre type d'acteur qui jouera un rôle également déterminant dans la conception des plans de transports urbains dans les années 1960 : les bureaux d'études privés. Parmi ces derniers, on rencontre de firmes créées dans l'entre-deux-guerres comme « Harland Bartolomew et Associates » ou « De Leuw, Cather & Company » (ch. 1). Mais à côté des anciens émerge et s'affirme dans les années 1960 un nouveau type de bureau, exclusivement, ou presque, spécialisé dans la conception des plans de transports urbains à l'aide de modèles. Ces bureaux, qui ont comme noms « Wilbur Smith and Associates », « Traffic Research Corporation » et « Alan M. Voorhees and Associates » deviendront, à l'instar du CATS, des lieux d'élaboration de pratiques originales en matière de modélisation des déplacements urbains, pratiques déployées de plus en plus à l'intérieur du cadre de la modélisation à quatre étapes.

---

Solof, *History of Metropolitan Planning Organizations*, Newark, North Jersey Transportation Planning Authority, Inc., janvier 1998.

<sup>362</sup> Vue l'ampleur du programme et de ses effets sur la société américaine, l'« Interstate System » a suscité beaucoup d'intérêt parmi les historiens et autres praticiens des sciences humaines : Raymond A. Mohl, «Ike and the Interstates: Creeping toward Comprehensive Planning», *Journal of Planning History*, vol. 2, n° 3, 2003, p. 237-62; Mark H. Rose, *Interstate Express Highway Politics 1941-1989*, Knoxville, University of Tennessee Press, 1990; Tom Lewis, *Divided Highways: The Interstate Highway System and the Transformation of American Life*, New York, Penguin Books, 1997; Earl Swift, *The Big Roads: The Untold Story of the Engineers, Visionaries, and Trailblazers who created the American Superhighways*, New York, Houghton Mifflin, 2011; Richard F. Weingroff, « Designating the Urban Interstates »,

<http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/fairbank.cfm> (20 mars 2013) ;

*Id.*, «The Genie in the Bottle: The Interstate System and Urban Problems, 1939-1957»

(<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/00septoct/urban.cfm> : 20 mars 2013); ainsi que les multiples articles et ouvrages mentionnés à l'adresse suivante :

<http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/history.cfm> (20 mars 2012).



Le bureau d'études « Wilbur Smith and Associates », « generally conceded to be the world's largest traffic consulting firm » d'après *The Engineering News Record* en 1964<sup>363</sup>, est né en 1952<sup>364</sup>. Son fondateur, Wilbur Stevenson Smith (1911-1990) fait partie de la communauté naissante des ingénieurs du trafic de l'entre-deux-guerres. Après des études en génie électrique à l'« University of South Carolina » (B.S en 1932, suivi d'un Master), il est embauché par le « South Carolina State Highway Department ». Une rencontre avec un membre du « Bureau of Public Roads » dans le cadre d'une des multiples enquêtes de trafic réalisées à l'époque sous la houlette de l'institution fédérale lui fait découvrir le domaine du « traffic engineering ». Grâce à une bourse de l'« Automotive Safety Foundation », Smith peut reprendre ses études et poursuivre le cursus post-universitaire en ingénierie du trafic offert par le « Bureau for Street Traffic Research », logé à l'époque à Harvard<sup>365</sup>. Il prend goût à la recherche et, quelques années plus tard, en 1943, devient membre de la petite équipe enseignante de l'institution qui avait entre temps déménagé à « Yale University » ; il occupe même le poste de directeur-adjoint. En tant qu'enseignant, Smith ne boude pas la pratique pour autant et assure régulièrement des missions ponctuelles de « consulting ». Après avoir fondé son premier bureau d'études en 1946 avec Wortham W. Dibble, Smith décide de voler de ses propres ailes, et en juin 1952 fonde, seul cette fois, « Wilbur Smith and Associates » (WSA). Au bout de quelques années, en 1956, le nombre d'employés en plein temps passe de 6 à 25 personnes, partagées entre les deux bureaux de la firme à New Haven et à Columbia. Le développement de la firme est directement lié à l'obtention de plusieurs contrats, à commencer par celui de 1953 qui fait entrer WSA dans la Capitale fédérale par l'intermédiaire d'une étude sur les besoins de la région métropolitaine en autoroutes. Ainsi en 1956, F. Houston Wynn, un diplômé de l'« University of Oregon », est nommé « project manager » d'une étude de grande ampleur censée aider Washington et sa région à lutter effacement contre la congestion. Dans le rapport final paru en 1959, le bureau préconise, à l'aide de modèles il va de soi, la solution d'un système de transport en commun sur site propre, faute duquel vingt-huit couloirs d'autoroute supplémentaires – une impossibilité

---

<sup>363</sup> John A. Montgomery, *ENO – The Man and the Foundation : A Chronicle of Transportation*, Eno Foundation for Transportation, 1988, p. 153.

<sup>364</sup> L'essentiel des informations sur la firme vient de l'ouvrage de John A. Montgomery, *History of Wilbur Smith and Associates, 1952-1984*, Columbia (South Carolina), Wilbur Smith and Associates, 1985. Quand on ne précise pas notre source, nous puisons dans cet ouvrage ainsi que dans l'autre livre de J. Montgomery, *ENO – The Man and the Foundation : A Chronicle of Transportation*, *op. cit.*

<sup>365</sup> Wilbur Stevenson Smith, *A Scientific Establishment of Maximum Speeds : Engineering Methods for Determining and Posting Normal Maximum Safe Allowable Speeds at Hills, Curves, Intersections and Other Typical Roadway Hazards*, Thesis, Bureau for Street Traffic Research, Harvard University, juin 1937.

technique – auraient été nécessaires dans le centre-ville pour écouler le trafic prévu pour 1980<sup>366</sup>. Les années 1960 sont particulièrement riches en contrats en tous genres. Ainsi, en 1961, la firme produit pour le compte de l'« Automobile Manufacturer Association » un rapport sur le thème de “Future Highways and Urban Growth”, qui fera la une du numéro du 16 juin 1962 de *Business Week*. Profitant de la demande créée par le « Federal-Aid Highway Act » de 1962 (*supra*), « Wilbur Smith and Associates » (WSA) obtient de nombreux contrats auprès des agences urbaines de planification des transports dont les villes se dotent progressivement. Son dixième anniversaire trouve la firme avec six agences permanentes à travers le territoire national et une activité internationale en forte croissance. En 1964, la compagnie emploie 180 personnes à plein temps. Déjà extrêmement populaire sur le marché domestique du *consulting* en matière d'études de trafic, la firme va acquérir une renommée internationale avec son implication dans l'étude du “Greater London”, qui va demander une très large enquête ménages déplacements – 45 000 ménages sont alors interrogés au sujet de leurs pratiques de déplacements – et une forte dose de modélisation. C'est à l'occasion de l'étude londonienne que WSA décide de se « marier » avec la firme britannique « Freeman, Fox and Partners », également impliquée dans l'étude : en 1965, une « joint company » appelée “Freeman, Fox, Wilbur Smith and Associates”, présidée par Wilbur Smith est ainsi née<sup>367</sup>. L'étude londonienne est le creuset de plusieurs innovations en matière de modélisation des déplacements urbains que les ingénieurs de WSA vont importer, sous forme de programmes informatiques entre autres, très vite aux Etats- Unis<sup>368</sup>. Une implication si forte dans la modélisation n'est pas possible en effet sans ressources informatiques. En janvier 1966, la firme installe dans ses locaux un ordinateur IBM 1401, remplacé en septembre de la même année par un IBM 1460, et un peu plus tard, en mai 1967, par un IBM 360/30. Cela étant, les ingénieurs de « Wilbur Smith and Associates » avaient commencé à se familiariser avec l'informatique bien plus tôt, dès le milieu des années 1950, en utilisant les équipements informatiques d'autres institutions, comme la “Citizens and Southern National Bank of South

---

<sup>366</sup> Wilbur Smith and Associates, *Mass Transportation Survey*, National Capital Region (Traffic Engineering Study, 1958), New Haven, 1959.

<sup>367</sup> Sur l'étude Londonienne et les techniques de modélisation employées, voir, entre autres, J.O. Tresidder, D.A. Meyers, J.E. Burrell et T.J. Powell, « The London Transportation Study : Methods and Techniques », *Proc. Instit. Civ. Engrs*, vol. 39, mars 1968, p. 433-464 (p. 513-527 pour la discussion) (tous les auteurs de l'article travaillent pour la firme anglo-américaine).

<sup>368</sup> Voir par exemple : Transportation Planning Program Exchange Group, *T-PEG Newsletter*, automne 1967, p. 6.

California”, ou l’« Universty of South California »<sup>369</sup>. La firme avait cherché aussi les compétences du « General Electric Computer Department », qui a préparé, par exemple, pour le bureau « a new and very flexible modal split program »<sup>370</sup>.

Occupant une place centrale dans le paysage américain de la modélisation des déplacements urbains au début des années 1960, la firme fondée par Wilbur Smith doit composer tout au long de la décennie avec deux autres bureaux d’études, tout autant, voire davantage, tournés vers l’innovation : la « Traffic Research Corporation » et « Alan M. Voorhees and Associates ».

La « Traffic Research Corporation » est née en 1960 sur le sol canadien mais elle est toute aussi fille de l’Ancien que du Nouveau Monde. Son fondateur Josef (quelque fois Joe) Kates est né à Vienne en 1921, mais, poussé par la conflagration mondiale, il arrive au Canada en 1940. Après une scolarité qui l’amène de la « Goethe-Realschule » de sa ville natale à l’université de Toronto, en passant par « McGill University » (Montréal), Josef Kates quitte le monde académique avec un master en mathématiques appliquées (1949) et un Ph.D. en physique en 1951. Durant ses études post-universitaires, il participe avec ses collègues du « Computation Center » de l’université de Toronto à la conception d’UTEC, le premier ordinateur canadien. Il figure aussi parmi les fondateurs de la communauté des chercheurs en recherche opérationnelle dans son pays d’adoption. En 1954, Kates fonde sa compagnie « KCS Limited », qui commence sa carrière à Toronto avec un coup d’éclat, en créant, en 1954, le premier système de signalisation du trafic au monde géré par ordinateur. En 1960, la “Traffic Research Corporation” (TRC) naît avec l’objectif « to develop and apply advanced methods for transportation planning and traffic control which were pioneered by the parent company ». TRC, à l’image de KCS dont elle émane, reflète dans sa composition et son activité le profil de son fondateur : la firme dispose de très fortes compétences en recherche opérationnelle, qui seront mobilisées dans la construction de modèles pour toutes les étapes de la modélisation à quatre étapes ; elle va faire aussi un usage massif de moyens informatiques

---

<sup>369</sup> Voir par exemple : Wilbur Smith and Associates, K. R. Roberts Reporting “Gravity Model Production and Attraction Program”, dans *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*, vol. 1, n° 2, 1963, p. 3; *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*, vol. 2, n° 3, 1965, p. 5.

<sup>370</sup> *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*, vol. 2, n° 4, 1965, p. 2. Voir aussi *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*, vol. 1, n° 4, 1964, p. 10.

– la firme à accès, entre autres, à un Burroughs B-5500 et à un UNIVAC 1107<sup>371</sup>. Très vite, « Traffic Research Corporation » (TRC), forte au milieu des années 1960 de quelques 150 employés – dont 90 « professionnels » : des ingénieurs, des mathématiciens, des économistes, des statisticiens et des comptables –, cherche des débouchés pour ses produits et services innovants sur le marché du grand voisin, les Etats-Unis. Elle ouvre ainsi plusieurs bureaux, à Boston, New York, San Francisco et un plus tard, elle s’installe dans la Capitale fédérale. A l’image du « Chicago Area Transportation Study » (CATS), l’équipe réunie par Kates au sein de TRC est largement multidisciplinaire, multiculturelle aussi, comme les quelques exemples qui vont suivre en témoignent. Le directeur de « Traffic Research Corporation » est un citoyen américain (Etats-Unis) au nom de Francis L. Brown, diplômé du « Rensselaer Polytechnic Institute ». Le vice-directeur est Canadien : Neal A. Irwin, détenteur d’un « Bachelor of Applied Science » (Engineering-Physics), de l’université de Toronto. L’autre vice-directeur, Hans G. Von Cube, né en 1919, est Allemand, formé en économie dans son pays natal, avant de venir au Canada en 1952 pour obtenir un master, en économie toujours, de l’université de Toronto. Il sera parmi les modélisateurs les plus chevronnés de l’entreprise. Son compatriote, Werner Hirschmann, diplômé en mathématiques appliquées et en physique de l’université de Tübingen, figure parmi les spécialistes de la firme en matière de « Computer Application to Traffic Control and simulation programs ». Parmi les modélisateurs de la firme, il faut mentionner Donald M. Hill, titulaire d’un master en statistiques de l’université de Toronto. Le « principal traffic engineer » est James H. Kell, dont la vocation en matière de science du trafic s’est manifestée très tôt, à l’époque de sa thèse de master (1952) portant sur la question des enquêtes origine-destination<sup>372</sup>. Kell, grande figure du monde des ingénieurs du trafic outre Atlantique jusqu’à sa mort en 1991, a un passé académique en tant que membre de l’« Institute of Transportation and Traffic Engineering » (*infra*) jusqu’au début des années 1960. En rejoignant TRC en 1964, il est nommé responsable de l’antenne californienne de la compagnie à San Francisco<sup>373</sup>. Parmi les premières recrues du

---

<sup>371</sup> Sur la firme, voir en premier lieu : Traffic Research Corporation, *History, Services and Experience Record*, Boston, New York, San Fransisco, Toronto, sans date. Sur Josef Kates, voir : “Biographical Information concerning Senior Staff Members of the Traffic Research Corporation”, in *ibid.* ; John N. Vardalas, *The Computer Revolution in Canada: Building National Technological Competence*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2001; Marvin Mandelbaum et Myron Hlynka, “Examples of Applications of Queuing Theory in Canada”, *INFOR*, vol. 46, n° 4, 2008, p. 29-46. Sur les moyens informatiques de la firme : *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*, vol. 1, n° 1, 1963, p. 10.

<sup>372</sup> J. H. Kell, *Comparison of Two Methods of Internal Origin-Destination Surveys : Home Interview and Controlled Post Card*, *op. cit.*

<sup>373</sup> Sur Kell, outre les informations biographiques contenues dans Traffic Research Corporation, *History, Services and Experience Record*, *op. cit.*, voir aussi la notice biographique à l’adresse :

TRC on compte aussi Daniel Brand, titulaire d'un diplôme en génie civil et d'un master du « Massachusetts Institute of Technology » (MIT). Arrigo P. Mongini est un autre ancien du MIT, titulaire aussi d'un master, et il va de même pour J. Peter Moncrieff. John Lions est quant à lui Australien : après un master en mathématiques de l'université de Sydney, et un Ph.D. en recherche opérationnelle en Angleterre (Cambridge) en 1963, il rejoint cette même année TRC pour lui offrir ses compétences de modélisateur spécialisé dans les techniques d'optimisation. Avec un « staff » de qualité et aux compétences multiples, richement doté en moyens informatiques rien d'étonnant à ce que la « Traffic Research Corporation » se révèle être une compagnie au potentiel d'innovation très élevé qui va marquer de sa présence le paysage de la modélisation américaine en matière de déplacements urbains tout au long des années 1960.

Lauréat du « Past Presidents Award » de l'« Institute of Traffic Engineers » en 1955 pour sa contribution sur l'application du principe gravitationnel à la modélisation du trafic (*supra*), premier prix du « Highway Research Board Award » en 1958 pour sa recherche sur la question de la modélisation des déplacements durant les heures de pointe<sup>374</sup>, Voorhees est déjà une figure influente au sein de la communauté des modélisateurs quand il décide de fonder, en 1961, sa propre compagnie : « Alan M. Voorhees and Associates ». Très vite, il va s'entourer de gens de qualité. Parmi les co-fondateurs de la firme figure ainsi Walter G. Hansen (1931-2008). Diplômé du « South Dakota School of Mines and Technology », Hansen est un ancien du « Bureau of Public Roads »<sup>375</sup>, titulaire aussi d'un « master degree » du MIT en « City Planning »<sup>376</sup>. Son mémoire de 1959 avait fait de Hansen une petite célébrité dans le domaine de la modélisation urbaine. Pour son travail de recherche, l'auteur avait été amené à élaborer en effet le concept d'accessibilité<sup>377</sup>, qui fera florès dans le champ

---

<http://www.ite.org/aboutite/honorarymembers/KellJH.asp> (15 mars 2013).

<sup>374</sup> A. M. Voorhees, « Forecasting Peak Hours of Travel », *Highway Research Board Bulletin*, n° 203, *op. cit.* Sur le prix, voir :

<http://www.trb.org/AboutTRB/HighwayResearchBoardAward.aspx> : 23 mars 2013).

<sup>375</sup> Sauf mention explicite, les informations sur Hansen sont puisées dans :

<http://foundation.sdsmt.edu/page.aspx?pid=668> (20 mars 2013).

<sup>376</sup> Walter G. Hansen, *Accessibility and Residential Growth*, Master thesis in City Planning, Massachusetts Institute of Technology, juin 1959; Walter G. Hansen, «Land Use Forecasting for Transportation Planning», *Highway Research Board Bulletin*, n° 253, *op. cit.*, p. 145-151; Walter G. Hansen, «How Accessibility Shapes Land Use», *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, n° 2, 1959, p. 73-76.

<sup>377</sup> «

de la modélisation urbaine jusqu'à aujourd'hui – le concept est largement utilisé pour évaluer les « services » offerts par un schéma de transport, comme variable dans la modélisation des choix en matière de déplacements, pour modéliser enfin les rapports entre les transports et le développement urbain<sup>378</sup>. D'autres modélisateurs de qualité vont rejoindre dans les années 1960 les deux fondateurs. Signalons le passage au sein du bureau d'un ancien de l'équipe de Carroll à Chicago, Howard Bevis<sup>379</sup>, et concentrons-nous sur deux recrutements particulièrement importants. Né en 1928, Thomas Blackburn Deen<sup>380</sup> est diplômé de l'« University of Kentucky » et comme un grand nombre de modélisateurs de sa génération il s'est spécialisé dans la science du trafic au « Bureau of Highway Traffic » à « Yale University »<sup>381</sup>. Entre 1960 et 1964, il assure la fonction de « Director of Planning » pour la « National Capital Transportation Agency » à Washington et de son poste il est amené à travailler avec des modélisateurs du « Bureau of Public Roads », tels que Lee Mertz, et des membres de la « Traffic Research Corporation » (TRC), sollicités comme consultants pour le projet de développement d'un système de transports en commun pour la Capitale fédérale. Au contact des modélisateurs de TRC, Deen se spécialise dans la modélisation de l'étape de choix modal, c'est-à-dire la troisième étape de la modélisation à quatre étapes<sup>382</sup>. En intégrant le bureau de Voorhees en 1964, il apporte alors son savoir au sujet de la modélisation des transports collectifs, en complétant ainsi les compétences du fondateur de la firme en matière de techniques de prédiction du trafic routier. En 1980, alors qu'il est président de la firme – celle-ci compte quelques 130 employés en 1977<sup>383</sup> –, Deen décide de quitter le monde des

---

Accessibility is defined in this thesis as the potential of opportunities for interaction and is a measure of the intensity of the possibility of interaction. The formula developed to measure accessibility is a variation of the gravitational principle and states that the accessibility to an activity is directly proportional to the size of the activity and inversely proportional to the distance to the location of an activity" (W. G. Hansen, *Accessibility and Residential Growth*, op. cit., p. ii).

<sup>378</sup> Voir : J.M. Morris, P.L. Dumble et M.R. Wigan, « Accessibility Indicators for Transport Planning », *Transportation Research Part A*, vol. 13A, 1979, p. 91-109. Hansen est cité dans l'article de synthèse signé par Karst T. Geurs et Bert van Wee, « Accessibility Measures : A Literature Review », *Journal of Transport Geography*, vol. 12, n° 2, 2004, p. 127-140. Voir aussi : Shashi K. Sathisan et Nanda Spinivasan, « Evaluation of Accessibility of Urban Transportation Networks », *Transportation Research Record*, n° 1617, 1998, p. 78-83.

<sup>379</sup> Information tirée de l'article : Howard W. Bevis, « Estimating a Road-User Cost Function from Diversion Curve Data », *Highway Research Record*, n° 100, 1965, p. 47-54 (p. 47).

<sup>380</sup> Quand on ne précise pas nos sources, nous puisons dans : « Thomas B. Deen : 2003 Thomas B. Deen Distinguished Lecturer », *Transportation Research Record*, n° 1839, 2003, p. 191.

<sup>381</sup> Thomas B Deen, *Acceleration Lane Lengths for Heavy Commercial Vehicles*, A thesis submitted in partial fulfilment of requirements for a certificate in highway traffic, Bureau of Highway Traffic, Yale University, 1956.

<sup>382</sup> T. B Deen, W.L. Mertz et N.A. Irwin, « Application of a Modal Split Model to Travel Estimates for the Washington Area », *Highway Research Record*, n° 38, 1963, p. 97-123.

<sup>383</sup> T.B. Deen, *RDSA/AMV : What and Who Are We ? What do we Want to Be? (A White Paper prepared to stimulate an intra-company dialogue on our company's current course and future directions; to be presented to*

bureaux d'études pour devenir « Executive Director » du « Transportation Research Board » (TRB) – nouvelle appellation, à partir de 1974, du « Highway Research Board » –, poste dont l'importance et le prestige ont fini, après trois mois de tergiversations, par le convaincre de changer de vie... et d'accepter de gagner moins d'argent<sup>384</sup>. Il gardera ce poste jusqu'à sa retraite en 1994. En janvier 2003, TRB décide de renommer la « TRB Distinguished Lectureship, inaugurée en 1992, en « Thomas B. Deen Distinguished Lecture » en son honneur. Un autre recrutement de Voorhees s'avérera encore plus décisif pour l'évolution de la firme, mais aussi pour le champ de la modélisation des déplacements urbains tout entier (voir les autres chapitres du document). Robert Barkley Dial (né en 1934) est mathématicien d'origine<sup>385</sup>. Embauché en 1961 comme statisticien par le « Puget Sound Regional Transportation Study » (PSRTS), l'équivalent du CATS (Chicago) pour sa région natale<sup>386</sup>, Dial découvre dans la bibliothèque de l'établissement la modélisation des déplacements urbains et, pris de passion pour ce nouveau champ, il réintègre le département du génie civil de l'« University of Washington » pour étudier les transports. Mathématicien, doublé d'un ingénieur, devenu analyste-programmeur aussi pour les besoins de son master<sup>387</sup>, Dial finit par réaliser son rêve de travailler pour Voorhees. Il entre dans la firme en janvier 1965 et devient son principal analyste-programmeur ; le bureau employait à l'époque une vingtaine de personnes, mais, n'ayant pas son propre ordinateur, il louait des heures de service, selon une pratique largement partagée à l'époque, et ce jusqu'en 1966, année où la firme installe, en « leasing », dans ses locaux une machine IBM 360/40. C'est au sein du bureau d'études fondé par Voorhees que Dial commence à se spécialiser dans la question de l'affectation (la dernière étape de la modélisation à quatre étapes), notamment à l'occasion d'un contrat de 110 000 dollars passé entre la firme et le « Department of Housing and Urban Development » (HUD). Fondé en 1965, ce dernier souhaite alors développer des logiciels pour la planification des transports collectifs<sup>388</sup>. La création de cette bibliothèque de programmes bâtie principalement

---

the Steering Committee, November 19, 1977), novembre 1977, figure n° 6 (Archives Personnelles de Thomas Deen: George Mason University, C0106, Box 6, Folder 4).

<sup>384</sup> Thomas B. Deen, « The Transportation Research Board at 90. Everyone Loves it, but no One Can Explain Why », *TR News*, n° 271 (« TRB 90<sup>th</sup> Anniversary Perspectives »), novembre-décembre 2010, p. 7-17 (p. 7).

<sup>385</sup> Robert Barkley Dial, *Probabilistic Assignment : A Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, University of Washington, juin 1970, « Biographical Note », p. 155.

<sup>386</sup> Quand je ne cite pas d'autres sources, je m'appuie sur « Dial\_hudhistory\_8.15.07.doc », *cit.*

<sup>387</sup> Robert Barkley Dial, *Automated Street Address to Grid Coordinate Conversion System*, Master thesis, Department of Civil Engineering, University of Washington, 1965.

<sup>388</sup> Voir, par exemple, les articles : Robert B. Dial et Richard E. Bunyan, « Public Transit Planning System », *Socio-economic Planning Sciences*, vol. 1, n° 3, 1968, p. 345-362 ; R. B. Dial, « Transit Pathfinder Algorithm »,

par Dial pour le compte du HUD dote « Alan M. Voorhees and Associates » d'un avantage compétitif par rapport aux autres bureaux d'études pour tout ce qui est planification des transports collectifs. Ce n'est pas un hasard si la firme se trouve à partir de la fin des années 1960, très impliquée dans plusieurs projets de transport sur site propre – c'est le cas de Washington, la première ville à utiliser les logiciels confectionnés par Dial, et d'Atlanta entre autres. Une commande venue par le « Department of Highways » de l'Ontario (Canada) – actuellement « Ministry of Transportation of Ontario » – permet à Dial d'enrichir la bibliothèque de programmes établie pour le compte du HUD, en lui ajoutant des parties concernant le trafic automobile. En 1968, TRIPS, le premier logiciel de planification des transports multi-modal, modélisant à la fois les flux de voitures privées et ceux des transports collectifs, est une réalité<sup>389</sup>. Dans sa version pour micro-ordinateur (MicroTRIPS), le logiciel connaîtra une carrière mondiale (ch. 4). « Alan M. Voorhees and Associates » devient ainsi le premier bureau d'études à disposer d'un outil de planification aussi complet. Durant l'année 1968, Dial est obligé de quitter la firme pour rentrer à Seattle auprès de sa mère mourante. Il reprend le chemin de l'université, et, soutenu financièrement par son ex-patron Alan Voorhees, il soutient sa thèse de doctorat en 1970<sup>390</sup>. Celle-ci donné lieu à un article parmi les plus cités dans la littérature relative aux modèles d'affectation<sup>391</sup>. Une nouvelle carrière, qui continue jusqu'aux années 2000, commence alors pour l'auteur (ch. 3 et 4).

Agences urbaines de planification des transports, bureaux d'études : un autre acteur émerge également dans les années 1960 dans le champ de la modélisation des déplacements urbains : l'université et plus généralement le monde de la recherche. Si le monde académique pèse peu

---

*Highway Research Record*, n° 205, 1967, p. 67-85; ainsi que les rapports : Alan M. Voorhees and Associates, *Urban Mass Transit Planning Project – Factors Influencing Transit Planning*, for Department of Housing and Urban Development, distributed by U.S. Department of Commerce/National Bureau of Standards/Institute for Applied Technology, octobre 1966; Alan M. Voorhees and Associates, *Urban Mass Transit Planning Project – Computer Program Specifications*, for Department of Housing and Urban Development, distributed by U.S. Department of Commerce/National Bureau of Standards/Institute for Applied Technology, octobre 1966.

<sup>389</sup> G.H. Johnson (Department of Highways, Ontario) et R.B. Dial (A.M. Voorhees and Associates), *Transportation Planning Programs : Road System*, Department of Highways, Ontario, Presented at the 48<sup>th</sup> Annual Meeting of the Highway Research Board, Washington, D.C, D.H.O.Report n° IR 27, janvier 1969.

<sup>390</sup> Robert Barkley Dial, *Probabilistic Assignment: A Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, University of Washington, 1970. La thèse a donné lieu à un article, parmi les plus cités dans la littérature relative aux modèles d'affectation : Robert B. Dial, « A Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration », *Transportation Research*, vol. 5, 1971, p. 83-111.

<sup>391</sup> Robert B. Dial, « A Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration », *Transportation Research*, vol. 5, 1971, p. 83-111.



dans la confection des pratiques de modélisation développées et mises en œuvre durant cette décennie, il ne cessera de s'affirmer comme acteur décisif dans ce champ de modélisation des années 1970 à nos jours.

## La modélisation des déplacements urbains et le monde académique (années 1960)

Dans notre analyse des travaux pionniers effectués par Carroll et ses collaborateurs à Chicago, nous nous sommes déjà référés à l'« Armour Research Foundation », qui a réalisé pour le compte du « Chicago Area Transportation Study » (CATS) plusieurs travaux. Cette intervention du monde de la recherche dans un champ dominé depuis sa naissance par des structures non académiques<sup>392</sup> – ce qui ne veut pas dire, nous l'avons vu amplement, que la recherche et la production des nouveaux savoirs et des nouvelles pratiques étaient absents du champ – est assez symptomatique d'une série d'évolutions plus générales dans les années 1960, qui vont consacrer la modélisation des déplacements urbains comme champ de recherche académique spécifique. Alors que jusqu'aux années 1950, le « Bureau for Street Traffic Research », d'abord à Harvard, ensuite à Yale, faisait figure à part dans le paysage académique, à partir des années 1960, plusieurs universités vont accueillir ce nouveau champ de modélisation, qu'elles vont cultiver à l'aide des éléments provenant de deux disciplines académiques notamment : la *science économique* et la *recherche opérationnelle*. Certaines de ces universités seront dotées par ailleurs de centres de recherche interdépartementaux sur les transports, ces derniers consacrant une partie significative de leurs activités aux différentes facettes de la modélisation des déplacements urbains. L'apparition, à la fin de la décennie, d'une presse académique spécialisée et de manuels universitaires accordant une part importante à la modélisation des déplacements urbains témoigne de cette « académisation » croissante du champ.

Aucune main visible, pour reprendre l'expression d'Alfred Chandler<sup>393</sup>, n'a dessiné les contours de la recherche académique en matière de modélisation des déplacements urbains. Des initiatives individuelles, souvent en réponses à des sollicitations du monde de la pratique,

---

<sup>392</sup> Par monde académique, nous nous référons aux universités mais aussi à des structures de recherche extra-universitaires, comme les diverses « Foundations » ou des centres de recherche mis en place par de grandes firmes, dont le but premier est la production systématique de nouveaux savoirs. Sur l'organisation de la recherche aux Etats-Unis et ses différents « régimes » au cours du XXe siècle, voir en premier lieu deux articles de synthèse qui contiennent aussi des bibliographies détaillées : Philip Mirowski, Esther-Mirjam Sent, « The Commercialization of Science and the Response of STS » ; Jennifer L. Croissant and Laurel Smith-Doerr, « Organizational Contexts of Science : Boundaries and Relationships between University and Industry », tous les deux dans Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch and Judy Wajcman (éd.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Cambridge (Mass.), *op. cit.*, p. 635-689, et p. 691-718 respectivement.

<sup>393</sup> Alfred Dupont Chandler, *The Visible Hand. The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge (Mass.), The Belknap Press of Harvard University Press, 1977.

ont créé des poches de recherche relatives à ce champ au sein de structures existantes. Certaines d'entre-elles sont restées des « poches », ayant une vie étroitement associée à la carrière des personnes qui les ont créées. D'autres ont pris la forme de structures plus pérennes et ont connu une vie transcendant l'horizon des individus. Se pencher sur tous ces endroits serait ingrat pour le lecteur et aurait demandé à l'auteur des efforts probablement peu proportionnés à l'intérêt des conclusions. Nous préférons donc donner ici une vue panoramique de la recherche académique – qu'elle soit strictement universitaire ou pas – relative à la modélisation des déplacements urbains dans les années 1960, que nous allons compléter par une série de gros plans sur trois universités : l'« University of California », la « Northwestern University » et le « Massachusetts Institute of Technology », qui s'imposent à partir des années 1960 comme des lieux d'excellence en matière de modélisation des déplacements, pour le demeurer jusqu'à aujourd'hui.

Les transports en tant que question pratique à résoudre sont liés historiquement à la figure professionnelle de l'ingénieur spécialisé en génie civil. Le « highway engineer » tout comme le « traffic engineer » sont, nous l'avons vu, dans leur majorité des diplômés des départements de génie civil (ch. 1), même si dans le cas de l'ingénieur du trafic dans l'entre-deux-guerres, des individus avec d'autres formations disciplinaires, comme le génie électrique ou la psychologie – le conducteur est après tout un être humain –, sont venus apporter leurs compétences particulières à la constitution d'un champ pluridisciplinaire<sup>394</sup>. Cette configuration générale est observée également dans les années 1960, période où la modélisation des déplacements urbains entre le monde académique de façon de plus en plus massive. Ce sont les départements de génie civil qui vont fournir pour l'essentiel un enseignement relatif à ce nouveau domaine du champ des transports. Ce sont eux aussi qui vont accueillir divers enseignants-chercheurs ainsi que des doctorants qui vont œuvrer pour accroître le stock de connaissances en la matière. Mais pour ce faire, ils devront se mettre à l'écoute de disciplines cultivées dans des départements voisins et s'en approprier les contenus et les techniques : économie et recherche opérationnelle, en premier lieu.

---

<sup>394</sup> Voir, par exemple : D.S. Berry (Professor, Chairman, Division of Transportation Engineering) et Beverly Hickok (Librarian), *Partial Listing of University Programs in Transportation and Traffic Engineering in the U.S.*, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Berkeley, 1er avril 1955, dactylographié. Les auteurs ont identifié une trentaine d'institutions offrant des cours de transports et de « traffic engineering ». La plupart des cours ont lieu dans des départements de génie civil. Voir aussi: Wolfgang S. Homburger (Junior Research Engineer, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley), *Traffic Engineering in the United States*, Lecture notes for presentation at the Summer School of Highway Engineering, The University of Birmingham, England, September 29, 1956, dactylographié, Ces deux documents sont disponibles à la Bibliothèque de l'« University of California at Berkeley ».

La présence accrue de la discipline économique dans le développement de nouveaux savoirs et de pratiques originales en matière de modélisation des déplacements urbains (et interurbains d'ailleurs) ne doit pas étonner. A y regarder de plus près en effet, la question des déplacements peut être vue comme un problème économique. Les deux ingrédients de base, offre et demande, ainsi que leur interaction par l'intermédiaire du mécanisme des « prix », sont là. Les ingénieurs avaient déjà observé que la variation des prix du ticket dans les transports collectifs influe sur le volume des déplacements. Il en va de même dans le cas du trafic autoroutier : à l'occasion de la construction d'une nouvelle « expressway », qui faisait baisser le « prix » du voyage – à savoir, ce qu'on est prêt à payer pour le bien en question, mesuré ici en termes de confort et surtout de temps –, on constatait une augmentation du nombre des déplacements<sup>395</sup>.

L'histoire de la discipline économique nous apprend par ailleurs que des économistes professionnels sont intéressés à des questions directement liées à la modélisation des déplacements déjà dans les années 1920, à l'instar d'un Frank Hyneman Knight (1885-1972), dont les réflexions seront reprises et prolongées par d'autres économistes dans les années 1950, comme Martin J. Beckmann (1924-) (voir ch. 4). Dans les années 1960, les économistes qui s'intéressent à la modélisation des déplacements sont de plus en plus nombreux. Un bon nombre d'entre eux se trouve à la RAND Corporation. Employant en 1957 (année record) quelques 2600 personnes, la RAND est décidément présente sur tous les fronts de la recherche, militaire mais aussi civile<sup>396</sup>. A l'été 1960 démarre au sein de l'institution un programme de recherche sur les « urban transportation problems », financé en partie par « Ford Foundation ». Le produit le plus célèbre de ce programme est un livre, publié d'abord en 1965, avant de connaître plusieurs rééditions, intitulé : « The Urban Transportation

---

<sup>395</sup> Les ingénieurs avaient même fabriqué un terme pour nommer cette augmentation : on parle alors dans les années 1950 d'« induced traffic ». Voir R. E. Schmidt et M. Earl Campbell, *Highway Traffic Estimation, op. cit.*, p. 5.

<sup>396</sup> Paul N. Edwards, *The Closed World : Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1996, p. 116. RAND (Research and Development) Corporation, fondée à la sortie de la seconde guerre mondiale (1948), toujours en vie, est une institution très étudiée par les historiens. Je donne ici quelques travaux récents qui contiennent aussi des bibliographies : P. Janet Farrell Brodie, « Learning Secrecy in the Early Cold War. The Rand Corporation », *Diplomatic History*, vol. 35, n° 4, 2011, p. 643-670 ; Jennifer S. Light, *From Warfare to Welfare: Defense Intellectuals and Urban Problems in Cold War America*, *op. cit.*; David Hounshell, «The Cold War, RAND, and the Generation of Knowledge, 1946-1962», *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, vol. 27, n° 2, 1997, p. 237-267; David Hounshell, « Medium is the Message, or How Context Matters: The RAND Corporation Builds on Economics of Innovation, 1946-1962 », dans Agatha C. Hughe et Thomas Parke Hughes (éd.), *Systems, Experts, and Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After* Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2000.

Problem »<sup>397</sup>. Le livre est signé par trois noms que nous aurons l'occasion de revoir dans les pages de ce travail. John R. Meyer (1927-2009), qualifié au moment de sa mort comme « the father of transportation economics » et comme celui qui « brought engineering into economics »<sup>398</sup>, est à l'époque professeur à Harvard, où il dirige depuis 1963 le « Harvard Transport Research Program »<sup>399</sup>. Ses co-auteurs sont John Forest Kain (1935-2003), un ancien Ph.D. de l'« University of California » à Berkeley (1961)<sup>400</sup>, et Martin Wohl, modélisateur des transports devenu économiste, ancien du MIT et auteur de plusieurs rapports pour le compte de la RAND corporation (*infra*).

Mais plus qu'à la RAND, c'est au sein d'une autre institution, également foyer d'accueil d'esprits brillants mais localisée dans la côte Est, à Princeton (New Jersey), que des économistes vont développer dans les années 1960 plusieurs modèles originaux des déplacements. L'institution en question est MATHEMATICA. Créée en 1958, réorganisée en 1961 sous la Présidence de Tibor Fabian, peuplée d'universitaires de « Princeton University », MATHEMATICA alignait parmi ses collaborateurs des sommités de la recherche opérationnelle et de la science économique, comme Albert William Tucker (1905-1995), Dantzig, Harold William Kuhn (né en 1925) ou Oscar Morgenstern (1902-1977)<sup>401</sup>. Si, à l'instar de RAND, l'armée occupe une place de choix parmi ses clients<sup>402</sup>, MATHEMATICA

---

<sup>397</sup> J.R. Meyer, J.F. Kain, M. Wohl, *The Urban Transportation Problem*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1965 (plusieurs rééditions jusqu'en 1974).

<sup>398</sup> Voir : la notice biographique de son collègue à Harvard : Edward L. Glaser, « Remembering the Father of Transportation Economics », *The New York Times* (Economix), 27 Octobre, 2009 :

<http://economix.blogs.nytimes.com/2009/10/27/remembering-the-father-of-transportation-economics/>

(14 décembre 2012); ainsi que le livre qui lui est dédié : José Gómez-Ibáñez, William B. Tye et Clifford Winston (éd.), *Essays in Transportation Economics and Policy : A Handbook in Honor of John R. Meyer*, Washington, The Brookings Institution, 1999.

<sup>399</sup> John R. Meyer (éd.), *Techniques of Transport Planning*, vol. 1 : John R. Meyer et Mahlon R. Straszheim (éd.), *Pricing and Project Evaluation*, Washington, D.C., The Brookings Institution, 1971, p. vii.

<sup>400</sup> John F. Kain, *A Multiple Equation Model of Household Locational and Tripmaking Behaviour*, Working paper, Santa Monica, RAND Memorandum, RM 3086, novembre 1962 (l'auteur utilise des données fournies par l'étude de transports réalisée par Carroll et ses collaborateurs à Détroit). Une notice nécrologique sur Kain, parue dans *Harvard University Gazette* (21 avril 2005) est disponible à l'adresse :

<http://www.news.harvard.edu/gazette/2005/04.21/12-mm.html> (14 décembre 2012). Sur les travaux de Kain, voir Edward L. Glaeser, Eric A. Hanushek et John M. Quigley, « Opportunities, Race, and Urban Location : The Influence of John Kain », *Journal of Urban Economics*, vol. 56, n° 1, 2004, p. 70-79.

<sup>401</sup> Voir MATHEMATICA, *Decomposition Principles for Solving Large Structured Linear Programs. Notes for a Course presented by MATHEMATICA in Berkeley*, California, April 24-26, 1963, Princeton N.J, MATHEMATICA, Inc., sans date.

<sup>402</sup> Voir par exemple : Saul I. Gass et Guillermo Owen, « Harold W. Kuhn », dans A.A. Assad et S.I. Gass (éd.), *Profiles in Operations Research*, Springer Science+Business Media, 2011, p. 529-546; Norman I. Agin, Michel L. Balinski, Harold W. Kuhn, John P. Mayberry et Francis M. Sand, *The Application of Game Theory to*

pratique aussi la recherche pour le compte du secteur civil, dont les transports. C'est un grand projet fédéral, le « Northeast Corridor Transportation Model », qui donnera l'occasion aux économistes de MATHEMATICA de s'impliquer dans le domaine de la modélisation des déplacements. Le projet concerne plusieurs Etats de la partie nord-est des Etats-Unis<sup>403</sup> – on parle aussi du « Boston-Washington corridor » – qui avaient atteint un degré d'urbanisation très élevé, constituant de fait une « megalopolis » unique<sup>404</sup>. Au début des années 1960, face au spectacle d'autoroutes congestionnées et d'un système ferroviaire en mauvais état, le gouvernement fédéral, le « Department of Commerce » plus précisément, finance plusieurs projets de modélisation destinés à guider la planification d'un système multimodal de transports (route, rail, air) pour ce corridor. MATHEMATICA, tout comme la « Traffic Research Corporation »<sup>405</sup>, sera l'un des acteurs sollicités pour créer des modèles de prévision des déplacements. L'équipe de MATHEMATICA est dirigée alors par deux économistes de Princeton, William J. Baumol (né en 1922)<sup>406</sup> et Richard E. Quandt (né en 1930)<sup>407</sup>. Le résultat de ce travail sera une famille de modèles intégrant au sein d'une structure *unique* les trois premières étapes de la modélisation à quatre étapes (génération, distribution, choix modal), passés à la postérité sous l'appellation de modèles de modes abstraits (« abstract modes »), dans la mesure où les différents modes de transports (voiture, train, avion etc.) sont représentés à l'aide d'attributs généraux (coûts, vitesse, fréquence...), sans aucune référence à leurs propriétés physiques. Les auteurs suivaient ici la suggestion de

---

*Antisubmarine Warfare, prepared for Office of Naval Research, Princeton (N.J.), MATHEMATICA Inc., 30 septembre 1967.*

<sup>403</sup> Les Etats en question sont : New Hampshire, Massachusetts, Rhode Island, Connecticut, New York, New Jersey, Pennsylvania, Delaware, Maryland, District of Columbia, et Virginia.

<sup>404</sup> Kenneth W. Webb (with contribution by), Frank L. Spielberg et Peter S. Loubal, "Models in Transportation", *A Guide to Models in Governmental Planning and Operations*, prepared for Office of Research and Development, Environmental Protection Agency, Washington, D.C., août 1974, p. 201-230 (p. 220 pour l'expression de "magapolis" et p. 220-223 sur le "Northeast Corridor Transportation Model"). Sur ce projet, voir aussi : Paul W. Shuldiner, « Northeast Corridor Transportation Project : Structure and Operation of Model System », *Transportation Engineering Journal of ASCE, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, vol. 96, n° TE4, novembre 1970, p. 445-454; Robert A. Nelson, "Origin, Purpose, and Status of Project", *Transportation Engineering Journal of ASCE, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, vol. 96, n° TE4, novembre 1970, p. 439-444.

<sup>405</sup> Arrigo P. Mongini, *Calibration of a Discriminant Function Model of Interurban Modal Split*, A Report Submitted to the Northeast Corridor Transportation Project, New York, Traffic Research Corporation, 1966.

<sup>406</sup> Sur Baumol, voir Gunnar Eliasson et Magnus Henrekson, « William J. Baumol : An Entrepreneurial Economist on the Economics of Entrepreneurship », *Small Business Economics*, vol. 23, n° 1, 2004, p. 1-7. Dans un texte récent, William J. Baumol (« On the Pleasures and Gains of Collaboration », *The American Economist*, vol. 41, n° 1, 1997, p. 15-21) se réfère à MATHEMATICA et à sa collaboration avec Richard Quandt.

<sup>407</sup> Richard E. Quandt, *The Collected Essays of Richard E. Quandt*, vol. 1, Aldershot, Edward Elgar Publishing Limited, 1992, "Introduction", p. xx. Dans son essai autobiographique, l'auteur revient au "Northeast Corridor Project" (in *ibid.*, p. xx-xxi).

l'économiste Kelvin John Lancaster (1924-1999), selon laquelle le consommateur ne choisit pas un bien particulier (ici le bus, le train, ou la voiture) mais des propriétés de cet objet<sup>408</sup>. Les travaux du groupe des économistes autour de MATHEMATICA ne connaîtront pas une diffusion pratique en dehors du projet qui leur a donné naissance. Mais ils seront un laboratoire d'idées pour plusieurs économistes qui, eux, arriveront, au début des années 1970 à proposer des modélisations des déplacements urbains destinées à pénétrer progressivement le monde de la pratique (ch. 3)<sup>409</sup>.

Les institutions que nous venons de mentionner feront tâche d'huile : des centres de recherche comme le « Stanford Research Institute » à Menlo Park, dépendant à l'époque de la « Stanford University »<sup>410</sup>, et divers départements d'économie, de Chicago à Berkeley, souvent sollicités par des acteurs versés dans la modélisation opérationnelle comme le « Bureau of Public Roads » ou les agences urbaines locales des planification des transports, vont mobiliser leurs économistes sur des questions relatives à la modélisation des déplacements urbains (ch. 3).

L'autre discipline par l'intermédiaire de laquelle la modélisation des déplacements urbains va s'installer au sein de l'univers de la recherche est la Recherche Opérationnelle (RO), dont plusieurs praticiens à l'époque sont également des économistes. Plusieurs membres de MATHEMATICA illustrent parfaitement cette symbiose entre RO et une certaine façon de

---

<sup>408</sup> Kelvin, J. Lancaster, « A New Approach to Consumer Theory », *Journal of Political Economy*, vol. 74, n° 2, 1966, p. 132-157.

<sup>409</sup> Sur les travaux de MATHEMATICA en matière de modélisation des déplacements urbains, voir les articles suivants : Richard E. Quandt et Willima Baumol, « The Demand for Abstract Transport Modes : Theory and Measurement », *Journal of Regional Science*, vol. 6, n° 2, 1966, p. 13-26 ; Richard E. Quandt, « Estimation of Modal Split », *Transportation Research*, vol. 2, 1968, p. 41-50; Kan Hua Young, « An Abstract Mode Approach to the Demand for Travel », *Transportation Research*, vol. 3, 1969, p. 443-461. Pour le développement de ce type d'approche en dehors du groupe des économistes liés à MATHEMATICA, voir : Robert Thomas Crow, Kan Hua Young, Thomas Cooley, « Alternative Demand Functions for 'Abstract' Transportation Modes », *Transportation Research*, vol. 7, 1973, p. 335-354 ; Peter Gordon, C.S Williams, Peter M. Theobald, « Intrametropolitan Travel Demand Forecasting Using an Abstract Modes approach », *Transportation Research Part A*, vol. 13A, 1979, p. 49-56. Pour une première application de cette approche dans le cas des déplacements urbains, voir : Rodney Paul Plourde, *Consumer Preferences and the Abstract Mode Choice: Boston Metropolitan Area*, Master thesis, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1968. Pour une présentation synthétique des modèles produits dans le cadre du « Northeast Corridor Transportation Model », voir P. R. Stopher et A. H. Meyburg, *Urban Transportation Modeling and Planning*, *op. cit.*, ch. 15, et surtout : John F. Kain, John R. Meyer et Mahlon R. Straszheim, « Modeling Intercity Passenger Demand », dans John R. Meyer (éd.), *Techniques of Transport Planning*, vol. 1: John R. Meyer et Mahlon R. Straszheim (éd.), *Pricing and Project Evaluation*, Washington, D.C., The Brooking Institution, 1971, p. 137-164.

<sup>410</sup> Sur cette institution, fondée en 1946, maintenant connue comme « SRI International », voir Donald Nielson, *A Heritage of Innovation : SRI's First Half Century*, Menlo Park (Ca.), SPI International, 2006; ainsi que le site de l'institution : <http://www.sri.com/> : 14 février 2013).

pratiquer la discipline économique dans les Etats-Unis de l'après guerre<sup>411</sup>. De même que des économistes ne tarderont pas à lire le phénomène des déplacements sur un réseau à l'aide de leur appareil conceptuel de base – une demande des déplacements qui rencontre une offre de services de transports –, des spécialistes en Recherche Opérationnelle (RO) vont reconnaître dans le phénomène de l'affectation du trafic sur les réseaux en particulier (la 4<sup>e</sup> étape de la modélisation à quatre étapes) des questions classiques de leur discipline.

Fille de la seconde guerre mondiale, la RO prend de l'ampleur dès la sortie de la guerre. Ses serviteurs essaient alors d'étendre le périmètre de ses applications au-delà du seul domaine militaire, avec lequel ils continuent à entretenir, par ailleurs, des relations étroites<sup>412</sup>. Du côté de la « demande », de nombreux acteurs, relevant de l'administration et du monde industriel, sont aussi séduits par l'idée d'utiliser des techniques mathématiques sophistiquées pour asseoir leurs décisions portant sur la conception et la gestion optimales de larges systèmes techniques sur le sol ferme de la science. Les planificateurs de systèmes des transports sont parmi ceux qui placent beaucoup d'espoirs en la Recherche Opérationnelle, et ce assez tôt, dès le début des années 1950<sup>413</sup>. Leurs attentes ne seront pas déçues. Même si le chemin qui va de la contribution académique à l'application pratique est parfois long, les transports seront un domaine bien servi par les praticiens de la RO, qui s'organisent rapidement, en Angleterre et aux Etats-Unis d'abord, en communautés disciplinaires avec leurs associations, revues et structures académiques propres. Le premier numéro de l'*Operational Research Quarterly*, organe officiel de l'« Operational Research Club » (devenu l'« Operation Research Society »), sort en Angleterre en mars 1950. Moins de trois ans plus tard, en novembre 1952, c'est le tour de l'« Operations Research Society of America » de publier sa propre revue, le *Journal of the Operations Research Society of America*, devenu *Operations Research* en 1956. La discipline est cultivée intensément dans des structures de recherche comme la RAND Corporation, le « Stanford Research Institute » ou le « National Bureau of Standards », et dans différentes universités – citons parmi les pionniers, au début des années

---

<sup>411</sup> Voir : Philip Mirowski, *Machine Dreams. Economics Becomes a Cyborg Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002; Frederic H. Murphy, « Economics and Operations Research », dans Saul I. Gass et Carl M. Harris (éd.), *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, Norwell, Kluwer, 2001 (2e éd.), p. 225-231.

<sup>412</sup> Le texte de Saul I. Gass et Arjang A. Assad, « History of Operations Research », dans Joseph Geunes (éd.), *Tutorials in Operations Research*, Hanover, INFORMS, 2011, p. 1-14, comprend à la fois des informations et une bibliographie sur l'histoire de la Recherche Opérationnelle aux Etats-Unis.

<sup>413</sup> Voir par exemple, Robert B. Mitchell et Chester Rapkin, *Urban Traffic : A Function of Land Use*, New York, Columbia University Press, 1954, ch. IX: « Toward Improved Methods of Traffic Analysis ».



1950, le « Case Institute of Technology » à Cleveland, le « Carnegie Institute of Technology » (aujourd'hui « Carnegie Mellon University ») à Pittsburgh, le « Massachusetts Institute of Technology » enfin.

Les praticiens de la Recherche Opérationnelle sont venus à la question de la modélisation des déplacements urbains par l'intermédiaire de la notion de réseau (et de graphe) en général, et sous l'impulsion d'une idée, consubstantielle à leur discipline, celle d'optimisation. Avant de s'intéresser spécialement aux transports, ils s'étaient déjà penchés sur d'autres types de réseaux, téléphoniques, par exemple, et ils avaient développé, à la fin des années 1950, des algorithmes pour trouver le chemin le plus court – souvent synonyme du chemin optimal – entre les différents nœuds d'un réseau. Nous avons, en effet, déjà rencontré les noms des Moore et Dantzig dont les travaux sur le chemin le plus court, datant de la seconde moitié des années 1950, avaient été mobilisés par l'« Armour Research Foundation » pour le compte de l'équipe de Carroll à Chicago (*supra*). Dix ans plus tard, le sujet pouvait alimenter déjà une petite bibliothèque<sup>414</sup>. Mais la question du chemin le plus court ne sera pas le seul point de contact entre la Recherche Opérationnelle (RO) et la modélisation des déplacements urbains. Plus on modélise, en effet, dans le cadre de la modélisation à quatre étapes par exemple, et plus on a besoin des techniques computationnelles fournies par la RO pour calibrer les modèles, c'est pour estimer les coefficients empiriques qui figurent dans leurs équations en sorte que ces dernières collent au plus près aux données récoltées lors des enquêtes de terrain<sup>415</sup>.

Au début des années 1960, les connexions entre la Recherche Opérationnelle et la modélisation sont suffisamment intenses pour connaître leurs premières institutionnalisations. En 1959 est organisé ainsi dans la région de Detroit un Symposium International sur la « Theory of Traffic Flow »<sup>416</sup>, première occurrence d'une manifestation

---

<sup>414</sup> Stuart. E. Dreyfus, *An Appraisal of Some Shortest-path Algorithms*, RAND Memorandum, RM-5433-1-PR, septembre 1968; *Id.*, «An Appraisal of Some Shortest-Path Algorithms», *Operations Research*, vol. 17, n° 3, 1969, p. 395-412.

<sup>415</sup> Voir: D.A. D'Esopo et B. Lefkowitz, « An Algorithm for Computing Interzonal Transfers Using the Gravity Model », *Operations Research*, vol. 11, n° 6, 1963, p. 901-907. D'Esopo et Lefkowitz sont chercheurs au « Stanford Research Institute » et sont les auteurs d'un manuel de programmes informatiques pour le modèle gravitaire : D.A. D'Esopo, B. Lefkowitz et M. Kopri, *Manual for the Gravity Model Computer Programs*, Stanford Research Institute, Menlo Park, California, 1962.

<sup>416</sup> Les actes de la conférence sont édités par Robert Herman (éd.), *Theory of Traffic Flow* (Proceedings of the Symposium on the Theory of Traffic Flow, held at the General Motors Research Laboratories, Warren, Michigan), New York, Elsevier, 1961.

qui a su perdurer jusqu'à nos jours<sup>417</sup>, et qui accueille divers spécialistes de la Recherche Opérationnelle intéressés à des questions de trafic. En 1962, l'« Operations Research Society of America » (ORSA)<sup>418</sup>, crée en son sein la « Transportation Science Section »<sup>419</sup>. Très actifs au sein de l'ORSA, les membres de la « Transportation Science Section » se servent de la revue de la Société pour publier leurs travaux et promouvoir la modélisation dans les transports : ainsi deux guides bibliographiques comprenant des références relatives à la modélisation des déplacements urbains, paraissent dans les colonnes d'*Operations Research* en 1961 et 1964 respectivement<sup>420</sup>.

Par l'intermédiaire de ces deux disciplines académiques, la science économique et la Recherche Opérationnelle, la modélisation des déplacements urbains commence ainsi à devenir, dans les années 1960, un champ spécifique de recherche au sein du monde universitaire. Regardons rapidement maintenant, à travers l'exemple de trois institutions qui vont s'affirmer à partir de cette époque comme des pôles d'excellence, le pendant institutionnel (organisationnel) de cette « académisation » croissante du champ.

Pendant l'été 1947, l'Etat de Californie vote une loi donnant naissance à l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering » (ITTE) – aujourd'hui « Institute of Transportation Studies »<sup>421</sup>. La loi précise que l'ITTE, institution académique logée au sein de l'université de Californie, disposant même de deux antennes sur les campus de Berkeley et de Los Angeles respectivement, est en même temps censée travailler de concert avec des agences du gouvernement à visées opérationnelles, comme la « State Division of Highways » de l'Etat de Californie<sup>422</sup>.

---

<sup>417</sup> Voir le site : <http://www.isttt.net/> (20 mars 2013)(ISTT : International Symposium on Transportation and Traffic Theory). La 20e manifestation se tient en 2013 à Noordwijk (Pays Bas).

<sup>418</sup> En 1995, ORSA a fusionné avec l'« Institute of Management Sciences » pour former l'actuel « Institute for Operations Research and the Management Sciences » (INFORMS).

<sup>419</sup> Leslie C. Edie, Robert Herman, Renfrey B. Potts et Robert M. Oliver, « Introduction », *Operations Research*, vol. 12, n° 6, 1964, « Special Transportation Issue », p. 807-808 (p. 807).

<sup>420</sup> Committee on Theory of Traffic Flow, « Bibliography on Theory of Traffic Flow and Related Subjects, October 1960 », *Operations Research*, vol. 9, n° 4, 1961, p. 568-574; Frank A. Haight, « Annotated Bibliography of Scientific Research in Road Traffic and Safety », *Operations Research*, vol. 12, n° 6, 1964, « Special Transportation Issue », p. 976-1039.

<sup>421</sup> Sur la création d'instituts de recherche au sein des universités américaines à la sortie de la Seconde guerre mondiale, voir Roger L. Geiger, *Research and Relevant Knowledge : American Research Universities since World War II*, New York, Oxford University Press, 1993.

<sup>422</sup> Harmer E. Davis (Director, ITTE), « Education and Research at the Institute of Transportation and Traffic Engineering of the University of California », A paper prepared for presentation on September 26, 1951, at the

Institution hybride et aux missions variées, l'ITTE va se doter rapidement d'un "professionnal staff", qui comprend au début des années 1950 "some 25 individuals whose background of training has been in the fields of engineering, economics, psychology, physiology, library science or statistics. The regular clerical and shop staffs comprise some 12 individuals"<sup>423</sup>. Avec le temps, le potentiel humain d'ITTE ne cesse d'augmenter. En octobre 1960, l'antenne de Berkeley compte 58 personnes associées d'une façon ou d'une autre aux travaux de l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering » ; neuf ans plus tard, ce nombre a quasiment doublé<sup>424</sup>. Dirigé de sa fondation jusqu'en 1973 par la figure imposante de Harmer E. Davis (1905-1998)<sup>425</sup> – professeur au Département de génie civil de l'université de Californie à Berkeley, celui-ci va assurer la très convoitée fonction de « chairman » du « Highway Research Board » pour l'année 1958-59<sup>426</sup> – l'ITTE est la seule institution, avec le « Bureau of Highway Traffic » à Yale, à proposer, et ce jusqu'au milieu des années 1950, des études postuniversitaires dans le domaine de la science du trafic. Et même quand d'autres centres de recherche en matière de transports vont faire leur apparition, l'institution continuera à prospérer, jusqu'à nos jours, même, comme centre d'enseignement et de recherche de haut niveau, attirant des étudiants venant de toutes les parties du monde. Ainsi alors que l'Institut avait commencé sa vie avec une poignée d'étudiants en formation doctorale, à l'automne 1962 l'antenne de Berkeley, la plus importante il est vrai, compte à elle seule 41 étudiants en études postuniversitaires ; cinq ans plus tard, à l'automne 1967, le nombre des « graduates » s'élève à 65 (dont 3 français)<sup>427</sup> (ces chiffres ainsi que ceux qui

---

22nd Annual Meeting of the Institute of Traffic Engineers, Los Angeles, California, dactylographié, p. 1. Plusieurs acteurs de l'ITTE se sont référés à l'histoire de leur institution. Voir surtout: Regional Oral History Office/The Bancroft Library, *Harmer E. Davis: Founder of the Institute of Transportation and Traffic Engineering (Interviews conducted by Wolfgang S. Homburger in 1992, 1993, and 1997)*, Berkeley, University of California-Berkeley, 1997.

<sup>423</sup>Harmer E. Davis (Director, ITEE), « Education and Research at the Institute of Transportation and Traffic Engineering of the University of California », *op. cit.*, p. 2. Pour les premiers membres d'ITTE, voir : *Institute of Transportation and Traffic Engineering Quarterly Bulletin*, vol. 1, n° 1, 1948, p. 118.

<sup>424</sup> Nos calculs à partir du « Roster, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Berkeley, Oct. 1960 », et « Roster, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Berkeley, December 1969 » (Rosters of Students and Directories of Faculty at the Institute of Transportation and Traffic Engineering, 1954-1971", Archives de l'Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California at Berkeley).

<sup>425</sup> Sur Davis, voir surtout : Regional Oral History Office/The Bancroft Library, *Harmer E. Davis: Founder of the Institute of Transportation and Traffic Engineering*, *op. cit.*

<sup>426</sup> *Institute of Transportation and Traffic Engineering Quarterly Bulletin*, vol. 14, n° 2, 1973, p. 1.

<sup>427</sup> Calculs à partir du « Roster of Graduate Students in Transportation Engineering, University of California, Berkeley, Fall 1962 », et « Transportation Students, Fall Quarter 1967 » (Archives d'Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California at Berkeley).

vont suivre portent sur l'ensemble des effectifs et non pas sur ceux et celles qui travaillent sur la seule modélisation des déplacements urbains). Alors que dans les années 1950, l'enseignement offert en matière de science du trafic est assez proche de celui mis au point par le « Bureau of Highway Traffic » à Yale<sup>428</sup>, dans les années 1960, les techniques de Recherche Opérationnelle et leurs applications à la modélisation des transports (dont la modélisation des déplacements urbains) sont enseignés par des chercheurs de la stature d'un Robert M. Oliver (Ph.D. du MIT en 1957)<sup>429</sup> ou d'un Gordon F. Newell (1925-2001)<sup>430</sup>, alors que des économistes aussi prometteurs qu'un Daniel McFadden – futur prix Nobel d'économie et auteur de contributions décisives dans le champ de la modélisation des déplacements urbains (ch. 3) – participent également aux activités d'ITTE. A en juger par les intitulés des cours<sup>431</sup>, par les publications des membres de l'Institut dans les années 1960<sup>432</sup>, par les mémoires de recherche des étudiants enfin<sup>433</sup>, les différents aspects de la modélisation des déplacements urbains sont très bien représentés dans l'enseignement offert et les recherches réalisées par l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering ». Celui-

---

<sup>428</sup> Il suffit de comparer les deux manuels qui résument les enseignements offerts dans les années 1950 au « Bureau of Highway Traffic » et à l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering » respectivement. Pour le Bureau, voir : Theodore M. Matson, Wilbur S. Smith et Frederick W. Hurd, *Traffic Engineering*, New York, McGraw-Hill Book Company, 1955. Pour ITTE: Norman Kennedy, James H. Kell, Wolfgang S. Homburger, *Fundamentals of Traffic Engineering*, Berkeley, University of California, 1956. Le livre va connaître plus de 15 éditions actualisées (16<sup>ème</sup> édition en 2007 : <http://its.berkeley.edu/publications/textbook> (24 décembre 2012) et sera traduit en plusieurs langues.

<sup>429</sup> Oliver va cosigner un livre classique en matière de modélisation des réseaux des transports: Renfrey B. Potts et Robert M. Oliver, *Flows in Transportation Networks*, New York, Academic Press, 1972.

<sup>430</sup> Sur Newell, voir Carlos F. Daganzo, « Gordon F. Newell, Transportation Engineering : Berkeley », dans *University of California: In Memoriam*, Berkeley, University of California, 2001, p. 187-191. Sur le cours de Newell au milieu des années 1960, voir G. F. Newell, *Theory of Highway Traffic Flow, 1945-1965*, Course Notes, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 1995.

<sup>431</sup> Plusieurs cours sont entièrement ou en grande partie dédiés à la modélisation des déplacements urbains : «Transportation Planning Laboratory», «Transportation Demand Analysis and Forecasting», « Transportation Policy and Planning » (année 1969). Voir Institute of Transportation and Traffic Engineering, *Report of Activities, 1967-1970, with a Review of Institute Development from the Time of its Founding in 1948*, University of California, Berkeley et Los Angeles, octobre 1970, p. 10.

<sup>432</sup> Deux exemples : Walter W. Mosher, Jr., Assistant Research Engineer, *A Capacity Restraint Algorithm for Assigning Flow to a Transport Network*, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Department of Engineering, University of California, Los Angeles, janvier 1963 ; Tony M. Ridley, *General Methods of Calculating Traffic Distribution and Assignment*, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley, février 1968.

<sup>433</sup> Voir: David A. Merchant, *Interzonal Travel Patterns in the Sacramento Area using the San Diego Friction Factor Method*, Master thesis, Division of Transportation Engineering, University of California, Berkeley, mai 1959, Peter Schwartz Loubal, *A Mathematical Model for Traffic Forecasting*, Ph.D. dissertation, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley, mai 1968; Niels O. Jorgensen, *Some Aspects of the Urban Traffic Assignment Problem*, Master thesis in Civil Engineering, The Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley, juillet 1963.

ci acquiert, par ailleurs en 1964, un ordinateur IBM 1620<sup>434</sup>, pour familiariser justement ses élèves avec la pratique de la modélisation par l'intermédiaire de programmes informatiques conçus par les membres de l'institution<sup>435</sup>. Vu l'engagement de l'institution dans la modélisation des déplacements urbains, ce n'est pas un hasard si l'un des manuels classiques dans ce champ dans les années 1970 est signé par un membre de l'ITTE, produit même de l'institution au sein de laquelle il a effectué son Ph.D : Adib Kanafani (né en 1942)<sup>436</sup>.

La décision de créer le « Transportation Center », logé au sein de la prestigieuse « Northwestern University », est prise en 1954, et sa fondation doit beaucoup à la renommée et à l'énergie de son premier directeur : Franklin M. Kreml (1907-1989)<sup>437</sup>, fondateur en 1936, toujours à « Northwestern University », du « Traffic Institute », centre de recherche et de formation en matière de sécurité routière. Mais c'est à l'automne 1956 que le Centre « began its formal program »<sup>438</sup> ; il est alors fort de 14 chercheurs-enseignants, appartenant à plusieurs départements de l'université – « Civil Engineering », « School of Business » ou « College of Liberal Arts ». Parmi les premiers membres du Centre, on trouve Abraham Charnes (1917-1992), à l'époque professeur de mathématiques appliquées et d'économie. Charnes est l'une des figures marquantes de la Recherche Opérationnelle américaine et l'auteur, au tournant des années 1950-1960, de travaux importants sur l'affectation du trafic sur un réseau<sup>439</sup>. En 1956-57, le « Transportation Center » propose quatre cours, dont un sur les « Quantitative Approaches to Transportation », décrit comme un « problems course, designed to familiarize the student with the application of engineering mathematical, and statistical

---

<sup>434</sup> Institute of Transportation and Traffic Engineering, *Report of Activities, 1967-1970*, *op. cit.*, p. 2-3.

<sup>435</sup> Wolfgang S. Homburger, *Traffic Estimation Computer Programs on the IBM 1620 for Instructional Purposes*, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Berkeley, University of California, Berkeley, 1966 (une autre édition date de l'année 1970).

<sup>436</sup> Sur Kanafani, voir la brève notice biographique à l'adresse: <http://its.berkeley.edu/btl/2011/winter/kanafani> (24 mars 2013). L'auteur a fait sa thèse de doctorat à l'ITTE : Abid K. Kanafani, *The Location of Parking Facilities in Town Centers*, Ph.D. dissertation, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Berkeley, University of California, Berkeley, 1969. Le manuel en question est : Adib Kanafani, *Transportation Demand Analysis*, New York, McGrawHill, 1978 (2e éd. 1983).

<sup>437</sup> Une brève notice sur Frankin Kreml, ainsi qu'une description des ses Archives personnelles déposées à « Northwestern University » se trouvent à l'adresse : <http://findingaids.library.northwestern.edu/catalog/inu-ead-nua-archon-811> (8 mars 2013).

<sup>438</sup> The Transportation Center, *A Report, 1959-1960*, Evanston Illinois, sans date, «Introduction».

<sup>439</sup> *A Report from the Transportation Center at Northwestern University (1956/57)*, p. 6-7. Sur Charnes: Fred Phillips et Larry Seiford, « IFORS' Operational Research Hall of Fame, Abraham Charnes », *International Transactions in Operational Research*, vol. 13, n° 3, 2006, 273-277. Une contribution importante de l'auteur en matière de modélisation des réseaux de transport est : A. Charnes et W.W. Cooper, «Extremal Principles for Simulating Traffic Flow in a Network», *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 44, 1958, p. 201-204.

tools of analysis to transport problems. There has been a revolutionary development of skills and tools that facilitate business study and analysis, and these will be applied to transportation”<sup>440</sup>. A partir de l’automne 1963, « A fifteen-month inter-departmental program in transportation leading to a degree of Master of Science in Transportation »<sup>441</sup> est établi sous le patronage du « Transportation Center ». Ce dernier fournit par ailleurs aux différents départements de la « Northwestern University » qui entretiennent des rapports avec la question des transports – il s’agit des départements d’Economie, de Géographie, de Génie civil, de Génie industriel et de Management en particulier – un socle commun de cours pour leurs propres élèves en formation doctorale<sup>442</sup>. Entre 1964 et 1974, une centaine d’élèves ont obtenu le « Master of Science in Transportation », qui devient rapidement très demandé, au point que pour la seule année 1973-74 quelques 840 personnes à travers le monde demandent des informations à son sujet<sup>443</sup>. Entre les années académiques 1963-64 et 1972-73, le « Transportation Center » a accordé pas moins de 104 bourses de doctorat, dont certains bénéficiaires vont marquer le champ de la modélisation des déplacements urbains (ch. 3 et 4)<sup>444</sup>. De plus en plus connu, abritant un nombre croissant de chercheurs – les 14 membres du Centre pour l’année 1956-57 sont devenus 31 dix ans plus tard (en 1965-66) et 34 en 1969-70<sup>445</sup> –, le « Transportation Center », à l’instar d’« Institute of Transportation and Traffic Engineering », va également doter la littérature en matière de modélisation déplacements urbains d’un traité classique signé par Edward K. Morlok en 1978<sup>446</sup>.

L’intérêt du « Massachusetts Institute of Technology » (MIT) pour le fait urbain remonte loin dans le temps : le cursus en « city planning » date en effet du début des années 1930 et un

---

<sup>440</sup> *A Report from the Transportation Center at Northwestern University (1956/57)*, sd, sl, p. 9.

<sup>441</sup> The Transportation Center, *Research/Education, 1962-63*, sans date (brochure non paginée).

<sup>442</sup> Pour une présentation des “graduate programs”, voir: The Transportation Center at Northwestern University, *Annual Report 1968-69*, p. 7-9. Pour l’année 1973 : The Transportation Center at Northwestern University, *Annual Report 1973*, p. 12-14.

<sup>443</sup> *Annual Report and Twenty Year Perspective of The Transportation Center, Northwestern University*, Evanston, Northwestern University, sans date, p. 24.

<sup>444</sup> The Transportation Center at Northwestern University, *Annual Report 1973*, p. 3.

<sup>445</sup> The Transportation Center at Northwestern University, *Annual Report 1965-1966*; The Transportation Center at Northwestern University, *Annual Report 1969-70*, Evanston, Illinois.

<sup>446</sup> Edward K. Morlok, *Introduction to Transportation Engineering and Planning*, New York, McGraw-Hill Book Company, 1978.

master en « City Planning » est introduit en 1935<sup>447</sup>. La recherche urbaine au sein de l'Institution gagne en intensité à la fin des années 1950, quand la « Ford Foundation » accorde un financement de cinq millions de dollars pour soutenir un centre de recherche conjoint au MIT et à Harvard, le « MIT-Harvard Joint Center for Urban Studies »<sup>448</sup>. Dix ans plus tard, en 1968, au milieu de la crise urbaine des années 1960<sup>449</sup>, voit le jour l'« Urban Systems Laboratory », un « Institute-wide interdepartmental laboratory for multidisciplinary research in the area of urban problem-solving »<sup>450</sup>, parrainée par les six départements suivants : « Civil Engineering », « City and Regional Planning », « Political Science », « Sloan School of Management », « Architecture », et « Economics »<sup>451</sup>. La « Ford Foundation » figure de nouveau parmi les bailleurs de fond de cette nouvelle structure. La recherche sur les transports en général, et sur la modélisation des déplacements urbains en particulier, vont largement profiter de cet intérêt pour les questions urbaines. Elle sera logée pendant assez longtemps au sein de ces deux centres de recherche, avant de bénéficier d'une structure entièrement consacrée au champ de transports, le « Center for Transportation Studies » (CTS)<sup>452</sup>, créé au printemps 1973.

Au tout début des années 1960, le Département du génie civil, sous la houlette de Charles L. Miller (1929-2000), le premier directeur d'« Urban Systems Laboratory », entreprend une réforme importante de son cursus, en mettant l'accent sur les différentes méthodes et

---

<sup>447</sup> Lawrence J. Vale, *Changing Cities : 75 Years of Planning Better Futures at MIT*, U.S., SA+P Press, 2008; <http://libraries.mit.edu/sites/mithistory/research/schools-and-departments/school-of-architecture-and-planning/department-of-urban-studies-and-planning/> (17 décembre 2012).

<sup>448</sup> Eugénie L. Birch, « Making Urban Research Intellectually Respectable : Martin Meyerson and the Joint Center for Urban Studies of Massachusetts Institute of Technology and Harvard University 1959-1964 », *Journal of Planning History*, vol. 10, n° 3, 2011, p. 219-238. Sur l'activité du centre au début des années 1960, voir : Massachusetts Institute of Technology, *President's Report Issue*, 1962, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 98, n° 2, novembre 1962, p. 379-382.

<sup>449</sup> *Annual Report Urban Systems Laboratory, 1973-1974*, p. 1, dossier «Description –USL Annual Report, 1973-74» (Urban Systems Laboratory, Records (1968-1974): MIT Archival Collection – AC 366). Sur la crise urbaine des années 1960, voir : Raymond A. Mohl, *The Interstate and the Cities: Highways, Housing, and the Freeway Revolt*, Research Report, Poverty and Race Research Action Council, Department of History, University of Alabama at Birmingham, 2002; Alexander Hilton Wood, *The Engineers and the Urban System, 1968-1974*, Master thesis in Architecture Studies, Massachusetts Institute of Technology, juin 2012.

<sup>450</sup> *Proposal for a Program in Urban Transportation at MIT*, «Summary», p. 1, «Dossier «Sect II Proposal Contract Program in Urban Tranp. 1969-70» (Urban Systems Laboratory, Records (1968-1974): MIT Archival Collection - AC 366).

<sup>451</sup> MIT, *Report of the President 1969*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 105, n° 3, décembre 1969, p. 480.

<sup>452</sup> Sur la création du CTS, voir : Massachusetts Institute of Technology, Center for Transportation Studies, *Development Plan*, Cambridge, Massachusetts, décembre 1973 (Archives personnelles de Marvin Manheim : Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 1, Folder 13).

techniques qui peuvent être mobilisées pour concevoir et gérer différents grands systèmes, dont les systèmes de transports<sup>453</sup>. Le même Miller, passionné d'informatique<sup>454</sup>, se trouve à l'origine du « Civil Engineering Systems Laboratory » (CESL) (1960), au sein duquel plusieurs bibliothèques de programmes informatiques relatifs à l'activité de l'ingénieur en génie civil vont se développer<sup>455</sup>. Le CESL est particulièrement bien équipé en « hardware ». Disposant de ses propres machines IBM (IBM 1130 et IBM 360/40)<sup>456</sup>, le CESL peut en effet bénéficier également des ressources du « Computation Center » du MIT, qui avait installé, au début des années 1960, le premier « Compatible Time-Sharing Service » au monde autour d'un IBM 7090 d'abord, puis d'un IBM 7094 à partir de 1963<sup>457</sup>.

La modélisation des déplacements urbains va profiter de cette réorganisation du cursus ainsi que des ressources informatiques mises en place au sein de l'Institution à partir du début des années 1960. Déjà à la fin de la décennie précédente, Alexander Jamieson Bone, « Associate Professor of Transportation Engineering » initiait les élèves du Département de génie civil aux enquêtes origine-destination ainsi qu'aux « traffic estimates » et à leurs applications aux « planning studies »<sup>458</sup>. A peine deux-trois ans plus tard, la place de la modélisation dans les différents secteurs des transports, dont celui des déplacements urbains, est renforcée de façon significative grâce à une série de cours assurés par Albert Scheffer Lang (1927- ?) et surtout Martin Wohl (1930-2009). Ce dernier enseigne, entre autres, un cours dédié au « Design of Urban Highway Systems » où il est question de « Techniques for the planning and programming of large-scale urban traffic systems, including estimation and allocation traffic demand by mathematical techniques such as gravity model and linear programming »<sup>459</sup>.

---

<sup>453</sup> MIT, *President's Report Issue, 1962*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 98, n° 2, novembre 1962, p. 110-118 (p. 110).

<sup>454</sup> Charles L. Miller, *The Theory and Application of the Digital Terrain Model*, Master of Science, Department of Civil and Sanitary Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1958.

<sup>455</sup> Sur CESL, voir, par exemple : MIT, *Report of the President 1967*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 103, n° 3, décembre 1967, p. 134-136.

<sup>456</sup> MIT, *Report of the President 1967*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 103, n° 3, décembre 1967, p. 58. Sur l'évolution de l'équipement informatique, voir aussi MIT, *Report of the President 1969*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 105, n° 3, décembre 1969, p. 127-128.

<sup>457</sup> David Walden et Tom Van Vleck (éd.), *The Compatible Time Sharing System (1961-1973)*, Fiftieth Anniversary, Commemorative Overview, Washington, D.C., IEEE Computer Society, 2011 :

<http://www.multicians.org/thvv/compatible-time-sharing-system.pdf>

<sup>458</sup> MIT, *The General Catalogue Issue 1957/58*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 92, n° 6, juillet 1957, p. 183.

<sup>459</sup> MIT, *The General Catalogue Issue for the Centennial Year 1960-61*, p. 185.



Toujours sous l'impulsion de Bone, le Département du génie civil entreprend ses premières recherches en matière de modélisation des déplacements urbains<sup>460</sup>, sur la question de l'affectation du trafic sur un réseau autoroutier en particulier, grâce à une série de travaux réalisés par Brian Martin (*infra*)<sup>461</sup>. Mais c'est l'arrivée de Marvin Manheim qui va faire de la recherche en matière de modélisation des déplacements urbains une activité centrale et durable au sein du MIT.

Marvin Manheim (1937-2000) est un ancien de l'établissement<sup>462</sup>, diplômé du Département du génie civil en 1959. Parmi les premiers chercheurs à rejoindre le « Joint Center for Urban Studies », il réalise, grâce à une bourse accordée par le centre (1962-1964), une recherche sur la question du processus de décision en matière de localisation des autoroutes, qui débouche sur sa thèse, soutenue en 1964<sup>463</sup>. En 1966, Manheim est nommé premier responsable du tout nouveau « Transportation Systems Division » au sein du « Civil Engineering Department »<sup>464</sup>, qui comprend à l'époque neuf enseignants-chercheurs, six « instructors » et huit autres personnes en tant que « professional staff ». Parmi ses collaborateurs de l'époque, figure Earl R. Ruiter, nom que l'on rencontrera par la suite. Nommé « Research Engineer », Ruiter (1939-2008), diplômé du MIT en 1962, titulaire d'un master de la « Northwestern University »<sup>465</sup>, a eu le temps d'effectuer un bref passage au sein du légendaire « Chicago Area Transportation Study ». Rien d'étonnant à ce que Ruiter devienne un vecteur de

---

<sup>460</sup> MIT, *President's Report Issue, 1962*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin vol. 98, n°2, novembre 1962, p. 115.

<sup>461</sup> Voir : Brian V. Martin, *Minimum Path Algorithms for Transportation Planning*, Sponsored by Massachusetts Department of Public Works in cooperation with U.S. Bureau of Public Roads, Agreement 1276, Research Report R63-52, Department of Civil Engineering, MIT, décembre 1963; Brian V. Martin, *A Computer Program for Traffic Assignment Research*, Prepared in cooperation with U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads and the Commonwealth of Massachusetts, Department of Public Works, Agreement 1276, Research Report R64-41, Department of Civil Engineering, MIT, décembre 1964.

<sup>462</sup> Sauf mention contraire, nous nous appuyons sur une notice autobiographique de 1977 (Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 1, Folder 16).

<sup>463</sup> Marvin L. Manheim, *Highway Route Location as a Hierarchically-structured Sequential Decision Process : An Experiment in the Use of Bayesian Decision Theory for Guiding an Engineering process*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1964.

<sup>464</sup> Sur « Transportation Systems Division », voir la brochure intitulée *Transportation System Division* (Archives personnelles de Marvin Manheim, Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 2, Folder 26). La date de l'édition n'est pas marquée, mais étant donné que Marvin Manheim y figure comme « Assistant Professor », la brochure est publiée entre 1966 et 1968. Voir aussi : MIT, *Report of the President 1967*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 103, n° 3, décembre 1967, p. 131-134

<sup>465</sup> <http://www.lifestorynet.com/memories/37606> (20 mars 2013). En tant qu'étudiant au MIT, Ruiter est l'auteur de : Earl R. Ruiter, *The Effects of Random Traffic on the Accuracy of the EA-1 Vehicle Simulation and Operating Cost Program* (thesis B.S.), Department of Civil Engineering, MIT, 1962.

transmission vers le MIT des savoirs et savoir faire en matière de modélisation des déplacements urbains développés à Chicago à l'époque de Carroll<sup>466</sup>.

Manheim est un adepte de la théorie des systèmes, très en vogue à l'époque aux Etats-Unis<sup>467</sup>, cultivée par ailleurs par son collègue Richard de Neufville<sup>468</sup>. La « Transportation Systems Division » que Manheim s'apprête à diriger porte les marques de cette affection pour la pensée systémique. On lit, en effet, dans la brochure de présentation : « The academic and research programs focus on engineering solutions to the complex social and economic issues posed by transportation, particularly in the planning of multi-mode systems. The dominant theme of this approach is that transportation problems must be addressed as system problems (...). Thus the program builds upon basic knowledge of the properties of transportation systems components and the ability to analyse interactions among these components, and between the transportation system and its environment. The fundamental approach is that of rational decision-making about engineered systems using such techniques of systems analysis as economics, mathematical optimization, and computer models. The skills required to address transportation systems problems range from the basic engineering disciplines to those of urban and regional planning, *operations research*, *economic and computer science* [c'est moi qui souligne] »<sup>469</sup>. Etant donnés les savoirs nécessaires pour traiter de façon « systémique » les questions de transports, on ne s'étonne pas du fait que si le Département du génie civil est la maison de « Transportation Systems Division », l'élève intéressé « may pursue other disciplines (...) in other Departments such as Mathematics, City Planning, Economics, Industrial Management and Political Science »<sup>470</sup>.

Approche « systémique » ou pas, au milieu des années 1960, la question des transports est reconnue par le MIT comme un sujet auquel il faut accorder une place plus importante que par le passé dans les missions et projets de l'établissement. Des mécènes externes plébiscitent

---

<sup>466</sup> Voir Earl R. Ruitter, « Toward a Better Understanding of the Intervening Opportunities Model », *Transportation Research*, vol. 1, 1967, p. 47-56.

<sup>467</sup> A. C. Hughes et T. P. Hugues (éd.), *Systems, Experts, and Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After*, op. cit.

<sup>468</sup> Richard de Neufville et Joseph H. Stafford, *Systems Analysis for Engineers and Managers*, New York, McGraw-Hill, 1971; Richard de Neufville, « Role of Systems Analysis in Transportation Curricula », *Highway Research Record*, n° 462, 1973, p. 26.

<sup>469</sup> Brochure intitulée *Transportation System Division*, sans pagination (p. 1), op. cit. (Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 2, Folder 26).

<sup>470</sup> *Ibid.*, p. 2.

également cette orientation de l'institution. Nous nous sommes déjà référé à la « Ford Foundation » et à ses multiples donations : en juillet 1965, « General Motors » accorde, à son tour un financement de 250 000 dollars par an pour une période de quatre ans<sup>471</sup>. Un programme doctoral en transports est alors mis en place par le Département du génie civil, résolument pluridisciplinaire, alors que l'« undergraduate program » se renforce également<sup>472</sup>.

La fondation, en 1968, de l'« Urban Systems Laboratory » (USL)<sup>473</sup> sera pour Manheim et ses coéquipiers de la « Transportation Systems Division » une occasion de développer encore de nouveaux projets, plus larges et marqués du sceau de la pluridisciplinarité, tant au niveau de la recherche qu'à celui de l'enseignement<sup>474</sup>. Retenons-en ici deux, datant de la fin des années 1960. Le premier, nommé « Urban Transportation Laboratory project », placé sous la direction de Manheim, avec Earl Ruitter dans le rôle de « Project Supervisor », commence en 1969 et va se terminer en 1973 ; il consiste à développer « an undergraduate course in transportation systems analysis which would allow students to learn about transportation by experimentation. This objective led to the development of lecture material, laboratory exercises, and case studies and to their use in undergraduate courses at MIT »<sup>475</sup>. Un autre projet significatif de la période, mené toujours par Manheim et son équipe mais concernant cette fois-ci à la fois la recherche et l'enseignement, relève directement de la modélisation des déplacements urbains. Répondant au nom de « DODOTRANS » (« Decision-Oriented Computer Language for Analysis of Multimode Transportation Systems »), le projet est constitué d'une série de programmes informatiques, qui feront de lui un outil capable de traiter les différents aspects d'un projet de transports – de la prédiction des flux sur un réseau,

---

<sup>471</sup> MIT, *Report of the President 1967*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin vol. 103, n° 3, décembre 1967, « Transportation-related Research », p. 60-62.

<sup>472</sup> Voir : Marvin L. Manheim, *Education in Transportation Systems Analysis*, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Prepared for the Conference on Highway Transportation Engineering Education, June 13-15, 1967 (Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330 Box 4, Folder 19); « Catalog Revision », Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 4 janvier 1968 (Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330 Box 1, Folder 6).

<sup>473</sup> Sur la création du USL: MIT, *Report of the President 1969*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 105, n° 3, décembre 1969, p. 122, p. 424-425, p. 477-483 et *passim*.

<sup>474</sup> M. L. Manheim, *Research Proposals–Urban Systems Laboratory and Curriculum Development*, Memorandum to C. L. Miller, Department of Civil Engineering, MIT, 16 mai 1968 (Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330 Box 3, Folder 19).

<sup>475</sup> Earl R. Ruitter et Marvin L. Manheim, *Urban Transportation Laboratory, Final Report* (Draft Report – For Review Only), Department of Civil Engineering and Urban Systems Laboratory, MIT, 20 mars 1974, p. 1 (Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 3 Folder 23); Marvin L. Manheim et Earl R. Ruitter, « The Transportation Laboratory: Teaching Fundamental Concepts of Transportation Systems Analysis », *Highway Research Record*, n° 462, 1973, p. 32-40.

qu'il soit autoroutier ou réseau des transports collectifs, à l'évaluation du projet. DODOTRANS est un projet de longue haleine, construit par touches successives au long des années 1960 à partir du socle posé par les premiers travaux de recherche de Brian Martin sur la question de l'affectation du trafic sur un réseau (*supra*)<sup>476</sup>.

Au tournant des années 1960 et 1970, la recherche en matière de transports au sein du MIT est suffisamment bien installée pour qu'elle ne soit pas affectée par la fermeture de l'« Urban Systems Laboratory » (USL) en 1974 pour cause de difficultés financières<sup>477</sup>. En effet, en avril 1973, voit le jour le « Center for Transportation Studies » (CTS). Comme l'USL, le CTS est une structure interdépartementale, qui mobilise au moment de sa création plus d'une cinquantaine de personnes appartenant aux départements de « Civil Engineering », « Ocean Engineering », « Mechanical Engineering », « Aeronautics and Astronautics », « Economics », « Political Science », « Urban Studies and Planning » ainsi qu'à la « Sloan School of Management »<sup>478</sup>. L'opération semble être un succès. Moins de deux ans après la création du Centre, on peut lire que « This year, 1974-75 has been particularly successful for the Center for Transportation Studies (CTS). The volume of research funded through the Center has increased more than 400 percent; two major interdisciplinary research proposals to the U.S. Department of Transportation's University Research Program have won support in competition with 12 other universities »<sup>479</sup>. Comme nous le verrons amplement par la suite, une grande partie de l'histoire de la modélisation des déplacements urbains aux Etats-Unis à partir des années 1970 sera écrite par le CTS. Et comme le « Transportation Center » à Chicago et l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering » en Californie, le « Center for Transportation Studies » offrira à la communauté des modélisateurs des déplacements urbains, par l'intermédiaire de Manheim, un traité largement diffusé, paru en 1979<sup>480</sup>.

---

<sup>476</sup> Marvin L. Manheim et Earl R. Ruiters, « DODOTRANS I: A Decision-Oriented Computer Language for Analysis of Multimode Transportation Systems », *Highway Research Record*, n° 322, 1970, p. 135-163.

<sup>477</sup> MIT, *Report of the President and the Chancellor Issue, 1974-75*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 111, n° 4, novembre 1975, p. 72.

<sup>478</sup> MIT, *Report of the President and the Chancellor Issue, 1972-73*, Massachusetts Institute of Technology Bulletin, vol. 109, n° 4, novembre 1973, p. 119 et p. 167 (p. 165-169, pour une présentation des activités du CTS durant la première année de son fonctionnement).

<sup>479</sup> MIT, *Report of the President and the Chancellor Issue, 1974-75*, *op. cit.*, p. 234 (p. 234-230, pour une présentation des activités du Centre).

<sup>480</sup> Marvin L. Manheim, *Fundamentals of Transportation Systems Analysis*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1979.

Par une curieuse coïncidence, une même année, 1967, condense les principaux éléments du processus d'académisation de la modélisation des déplacements urbains que nous avons analysés. Elle voit en effet également la naissance de deux revues académiques qui vont ouvrir largement leurs colonnes à ce champ de modélisation, et ce depuis leur création jusqu'à nos jours. C'est en 1967 aussi que deux auteurs que nous avons déjà rencontrés publient le premier livre de facture universitaire qui accorde une place importante à la modélisation des déplacements urbains.

Ce sont les membres de la « Transportation Science Section » de l'« Operations Research Society of America » (ORSA) qui fondent, avec la bénédiction de cette dernière, une nouvelle publication périodique, qui va traverser victorieusement le temps jusqu'à nos jours. *Transportation Science*, de parution trimestrielle, sort son premier numéro en février 1967<sup>481</sup>. L'éditeur de la revue est Robert Herman (1914-1997) – un physicien d'origine, spécialisé dans les techniques de la Recherche Opérationnelle, qui est devenu, à partir des années 1950, l'un des créateurs de la science moderne du trafic. Il est chercheur à l'époque aux « General Motors Research Laboratories ». La revue, patronnée intellectuellement par l'ORSA, bénéficie du support financier de plusieurs acteurs privés, comme l'« Automotive Safety Foundation », la « Chrysler Corporation », la « Ford Motor Corporation », la « Général Motors Corporation » et l'« United Aircraft Corporation »<sup>482</sup>.

A peine trois mois après, en mai 1967, une autre revue spécialisée dans les questions de transports, de parution trimestrielle également et toujours parmi les revues les plus cotées dans le champ de la modélisation des déplacements urbains, *Transportation Research*, publie aussi son premier numéro. Si les deux périodiques ont des intérêts communs et vont accueillir très fréquemment dans leurs colonnes respectives les mêmes auteurs, ils présentent aussi des différences. *Transportation Research* se veut d'emblée plus large du point de vue thématique – ainsi toutes les étapes de la modélisation à quatre étapes y trouveront régulièrement une tribune d'expression, alors que *Transportation Science* a une prédilection pour l'étape d'affectation –, plus cosmopolite aussi. Dirigée également par un chercheur versé dans la Recherche Opérationnelle, spécialisé dans la question de la modélisation du trafic, Frank A. Haight (1919-2006), à l'époque membre de l'« Institute of Transportation and Traffic

---

<sup>481</sup> *Transportation Science*, vol. 1, n° 1, février 1967.

<sup>482</sup> *Ibid.*, p. 51.

Engineering » (antenne de Los Angeles)<sup>483</sup>, *Transportation Research* fait figurer dans son premier numéro quatre « Regional Editors », dont Manheim<sup>484</sup>, flanqués d'un « Editorial Board » pléthorique, fort de 49 personnes. Si les Etats-Unis dominent le comité éditorial avec 21 membres travaillant sur leur sol, la France (5 membres), l'Allemagne de l'Ouest (2), l'Italie (2), l'Angleterre (2), mais aussi des pays comme la Pologne (1) ou la Roumanie (1) y sont également représentés. Comme on peut l'imaginer, la parution de ces deux revues ne va pas sans bousculer des pratiques bien installées au sein de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains depuis très longtemps. D'anciens supports de diffusion, comme les différentes publications du « Highway Research Board » (*Proceedings, Bulletin...*), occupant jusqu'alors une position dominante dans un marché éditorial relativement oligopolistique, entrent maintenant en concurrence avec les nouveaux entrants. Force est de constater que les publications du « Highway Research Board » vont bien résister et resteront jusqu'à présent les lectures préférées de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains prise dans son ensemble, les nouvelles revues s'adressant plutôt à la aile académique de celle-ci<sup>485</sup>. Elles vont même réussir à attirer les universitaires du champ, qui publieront régulièrement les résultats de leur recherche dans ces supports. Mais le vague de l'académisation du champ fera aussi sentir ici ses effets. A partir des années 1970, les articles-fleuves auxquels on était habitué, héritage de pratiques d'écriture qui remontent au XIXe siècle, laissent de plus en plus place à des contributions relativement courtes, plus proches dans leur forme et structure, des articles publiés dans les revues académiques<sup>486</sup>.

La fondation de *Transportation Science* et *Transportation Research*, publications largement « américaines », ouvre une période caractérisée par une création croissante de revues académiques à travers le monde, accordant une place plus ou moins importante à la modélisation des déplacements urbains, à l'instar des : *Journal of Transport Economics and Policy* (1967), *Socio-economic Planning Sciences* (1967), *Environment and Planning* (1969), et un peu plus tard de *Transportation* (1972). Mais l'année 1967 voit également paraître le

---

<sup>483</sup> Sur Frank Haight, voir la notice nécrologique rédigée par son collègue Tom Golob :

[http://www.julianhaight.com/fah/Frank\\_Haight.pdf](http://www.julianhaight.com/fah/Frank_Haight.pdf) (18 décembre 2012).

<sup>484</sup> Les trois autres sont : D.J. Buckley (Australie), Arne Jensen (Danemark), et Alan Wilson (Angleterre). Voir : *Transportation Research. An International Journal*, vol. 1, n° 1, 1967.

<sup>485</sup> Voir notamment Gerald S. Cohen, Frank McEvoy et David T. Hartgen, "Who Reads the Transportation Planning Literature?", *Transportation Research Record*, n° 793, 1981, p. 33-40.

<sup>486</sup> Sur ces questions, la littérature n'est pas très fournie. Voir, par exemple : Alan G. Gross, Joseph E. Harmon et Michael S. Reidy, *Communicating Science : The Scientific Article from the 17th Century to the Present*, Oxford, Oxford University Press, 2002.

premier traité académique qui accorde à ce champ de la modélisation une place importante : *Traffic System Analysis for Engineers and Planners*<sup>487</sup>. Le livre était visiblement attendu. Favorablement accueilli par diverses revues académiques, dont *Transportation Science* et *Transportation Research* justement<sup>488</sup> – un « reviewer » écrit même que « *Traffic System Analysis* is the book professional engineers and planners have been waiting for »<sup>489</sup>, le livre sera traduit en japonais et en russe en 1973 et 1981 respectivement. Comme les deux revues fondées durant la même année, ce livre témoigne de l'importance croissante que les institutions que nous venons de présenter sont en train d'acquérir dans le champ de la modélisation des déplacements urbains. Brian Vivian Martin est certes britannique – il est diplômé de l'Imperial College (1957-1960)<sup>490</sup> – mais aussi un peu « américain », dans la mesure où il a passé plusieurs années au MIT dans la première moitié des années 1960 (*supra*). Martin Wohl (1930-2009) a aussi fait une bonne partie de ses classes au « Massachusetts Institute of Technology ». Après avoir étudié à l'« U.S. Military Academy at West Point », il a continué ses études au MIT, d'où il sort diplômé en génie civil en 1956. Il y reste et obtient un « Master of Science » en 1960, avec un travail sur les applications de la simulation dans le domaine de l'ingénierie du trafic<sup>491</sup>, sujet qu'il continue à cultiver, avec la bénédiction du « Bureau of Public Roads », au début des années 1960<sup>492</sup> alors qu'il enseigne à son *alma mater*<sup>493</sup>. Au moment de la sortie du livre, cosigné avec Martin, Wohl se trouve en

---

<sup>487</sup> Martin Wohl et Brian V. Martin, *Traffic System Analysis for Engineers and Planners*, New York, McGraw-Hill Book Company, 1967, 558 pages. Deux « gros chapitres » sont entièrement consacrés à la question de la modélisation des déplacements urbains : le chapitre 5 : « General Travel Forecasting Principles and Techniques » (p. 110-150), et le chapitre suivante : « Predictiong Travel Flow and Determining Design Hourly Volume for Varying Demand Conditions » (p. 151-179).

<sup>488</sup> Le compte rendu paru dans *Transportation Research* (vol. 3, 1969, p. 283-289) est signé par David Bayliss ; c'est Donald E. Cleveland, qui est assez critique à l'égard du livre par ailleurs, qui a écrit le compte rendu pour *Transportation Science*, vol. 2, n° 3, 1968, p. 283-284.

<sup>489</sup> Le compte rendu en question a paru dans la revue « Traffic Engineering and Control » et est signé T.C. (J'ai consulté une copie du CR qui se trouve aux Archives personnelles de Martin Wohl : George Mason University Libraries, C0174, Box 7, Folder 56).

<sup>490</sup> <http://www3.imperial.ac.uk/civilengineering/oldsite/aboutus/historyofthedepartment/ouralumni> (20 mars 2013).

<sup>491</sup> Archives personnelles de Martin Wohl : George Mason University Libraries, C0174, Box 1, File 5, pour les diplômes. Son mémoire de master est : Martin Wohl, *Applications of Symbolic Models and Simulation in Traffic Engineering*, Master Thesis, Department of Civil and Sanitary Engineering, Massachusetts Institute of Technology, janvier 1960.

<sup>492</sup> Martin Wohl et Daniel Brand, *Applications of Simulation to Highway Traffic Design*, Department of Civil Engineering, MIT, Sponsored by U.S. Bureau of Public Roads, Contract CPR 11-7791, mars 1963 (Archives personnelles de Martin Wohl : George Mason University Libraries, C0174, Box 1, File 3).

<sup>493</sup> Voir Massachusetts Institute of Technology Bulletin, *The General Catalogue Issue for the Centennial Year 1960-61*. M. Wohl y figure avec l'indication : « Martin Wohl, SM, Assistant Professor of Transportation Engineering » (in *ibid.*, p. 95).

Californie, où il poursuit, entre autres, une formation postuniversitaire à l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering » à Berkeley, soldée par le titre du « doctor of engineering » de l'université de Californie en 1966<sup>494</sup>.

Terminons cette partie sur l'« académisation » de la modélisation des déplacements urbains, opérée à partir des années 1960 pour ne pas cesser de s'affirmer par la suite, avec deux remarques d'ordre général.

L'irruption de la recherche universitaire dans un champ où la nouveauté était assurée jusqu'alors pour l'essentiel par des professionnels au contact de problèmes pratiques à résoudre introduit une *tension* permanente entre la production théorique, proposée désormais par le chercheur académique qui s'autonomise, en partie du moins, du monde de la pratique, et les besoins (et compétences) du professionnel. Nous verrons, sur une série d'exemples, comment cette tension, qui devient à partir des années 1970 consubstantielle à ce champ de modélisation, sera gérée. Annonçons juste pour le moment le rôle important qui vont jouer dans cette gestion des personnes et des organisations qui relèvent de deux mondes, académique et professionnel, à la fois.

Cette académisation du champ de la modélisation des déplacements urbains, qui va bientôt faire de l'université le principal lieu de production de nouveautés en la matière, va produire aussi d'autres résultats. Le premier d'entre eux est la spécialisation accrue qui s'installe au sein du champ. Cette spécialisation, qui s'accompagne de l'usage intensif de techniques mathématiques et computationnelles de plus en plus pointues, produira des résultats difficilement atteignables par le généraliste de la modélisation. Mais en même temps, elle n'est pas exempte de risques, celui de produire une vision de plus en plus étriquée du phénomène des transports et de ses relations avec le fait urbain par exemple, danger contre lequel des « sites » de production de la nouveauté autres que l'université, songeons à l'équipe pluridisciplinaire autour de Carroll à Chicago, étaient probablement mieux préparés à lutter.

---

<sup>494</sup> Martin Wohl, *Development of a Rationale for Transportation Investment*, Graduate Report prepared for the Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley, 1966 (Archives personnelles de Martin Wohl : George Mason University Libraries, C0174, Box 3, Folder 29).



Epilogue :  
les modèles dans les programmes informatiques  
de l'Administration fédérale

En pleine évolution, peuplé de nombreux nouveaux acteurs aux caractéristiques différentes – des agences urbaines de planification des transports à des bureaux d'études en passant par des centres de recherche universitaires –, le champ de la modélisation des déplacements urbains est dans les années 1960 bien plus multipolaire qu'il ne l'était auparavant. Est-t-il totalement dépourvu de centre pour autant ? La réponse est négative. Même s'il a perdu incontestablement sa position d'acteur central dans la production de nouveauté et que de nouveaux acteurs émergent et consolident leur position au sein du champ, le « Bureau of Public Roads » (BPR) va s'installer à partir de la fin des années 1950 et tout au long de la décennie suivante dans un rôle qui s'apparente de plus en plus à celui de *chef d'orchestre*. L'institution dispose de deux atouts majeurs pour remplir efficacement ce rôle.

En tant que agence fédérale, le Bureau est gérant de l'argent débloqué par le « 1956 Highway Act », et de ce fait, est l'interlocuteur privilégié de tous les acteurs, ceux appartenant au monde académique y compris, impliqués d'une façon ou d'une autre dans la mise en place de l'« Interstate Highway System », grand consommateur de modélisation. Le BPR va en effet soutenir le travail de pratiquement tous les acteurs de champ de modélisation, en participant au financement des enquêtes ménages déplacements pour les uns, en commandant des recherches pour les autres<sup>495</sup>. Mais il y a plus. Fidèle à son passé, le BPR fait figurer en son sein dans les années 1960 un « Office of Research » et dispose d'un certain nombre de personnes dotées d'une bonne expertise technique, qui peuvent apporter leur contribution à l'évolution des savoir et des pratiques dans la modélisation des déplacements urbains. Mais vu leur nombre par rapport aux effectifs que peuvent aligner progressivement les autres acteurs du champ – ainsi en 1961, la section « Traffic Assignment Section » abritant les modélisateurs des déplacements

---

<sup>495</sup> Sur l'action du « Bureau of Public Roads » en tant que financeur de la *R&D* dans le domaine de transports (autoroutiers) voir, entre autres : D. Grant Mickle, « The National Cooperative Highway Research Program », *Traffic Quarterly*, octobre 1966, p. 483-501 ; à titre indicative pour l'année 1966 : U.S Department of Commerce, Bureau of Public Roads, *Highways and Human Values : The Bureau of Public Roads Report for Fiscal Year 1966* (on peut lire : «In 1966, Federal-aid funds apportioned to the 50 State highway departments financed highway research and development projects at a programmed cost of \$25.7 million. (...) In addition to Federal-aid research, \$3.4 million of Public Roads own administrative funds were allocated during the year to 36 research and development contracts undertaken by universities, research institutions, industrial organizations, national and international associations, consultants, and other Federal agencies»). (in *ibid.*, p. 61)).

urbains est fort de six spécialistes seulement<sup>496</sup> – cette contribution *directe* ne peut être que limitée et déclinante dans le temps. En revanche, les ressources du Bureau sont suffisantes pour mener à bien deux autres types d'opérations. La première consiste à passer les pratiques de modélisation déployées par les différents acteurs de l'époque au crible de l'examen critique ; la seconde à collecter et à systématiser les pratiques jugées les plus performantes et à assurer régulièrement leur diffusion la plus large possible auprès des professionnels. C'est dans la réalisation de ces deux opérations que vont s'illustrer principalement les modélisateurs du « Bureau of Public Roads » (BPR) dans les années 1960.

Ainsi en janvier 1960, John T. Lynch, patron du « Planning Research Branch » du BPR et l'un des pères spirituels de l'enquête ménages déplacements (*supra*), organise lors de la rencontre annuelle du « Highway Research Board » une table ronde consacrée aux modèles assurant la distribution des flux du trafic entre les différentes zones d'une agglomération (étape de distribution). Deux des trois participants sont des modélisateurs comptant parmi les poids lourds de l'époque, Alan M. Voorhees et Morton Schneider, auteurs du modèle gravitaire et de celui d'opportunité respectivement. Le troisième participant est Glenn Broke, « Research engineer » au « Bureau of Public Roads » et « one of the principal advocates of the Growth Factor Method »<sup>497</sup>, qu'il avait testé avec son ami L. Mertz à la fin des années 1950 à partir de données concernant la Capitale fédérale<sup>498</sup>. Le dialogue tourne vite aux monologues parallèles, et Lynch est obligé de conclure que “it is fairly clear that there is no agreement among experts as to the best method for projecting future urban travel”<sup>499</sup>. Faute de consensus parmi les intéressés, dès l'automne de l'année 1960 l'“Office Research” du BPR lance en interne une procédure d'évaluation des différents modèles disponibles pour l'étape de distribution. La méthode « Fratar » ayant déjà subi un test, c'est le modèle gravitaire qui passe en premier. Une première évaluation, utilisant les données fournies par deux enquêtes ménages déplacements

---

<sup>496</sup> Voir: *Statement of Functions, Office of Research – Highway Planning Division, 3-28-61* (Archives personnelles de William L. Mertz : George Mason University Libraries, C0050, Box 26, Folder 72). On y lit : “The Traffic Assignment Section develops and tests procedures and formulae for forecasting the amount and the origin and destination of traffic and its probable distribution over existing routes and proposed new routes to assist in the development of a highway network that will serve the travel requirements adequately and efficiently. It includes operations research for development of optimum solutions” (in *ibid.*, p. 1).

<sup>497</sup> John T. Lynch (Moderator), Glenn E. Brokke, Alan M. Voorhees, Morton Schneider, “Panel Discussion on Inter-Area Travel Formulas”, *Highway Research Board Bulletin*, n° 253, *op. cit.*, p. 128-138 (p. 128).

<sup>498</sup> G. E. Brokke et W.L. Mertz, “Evaluating Trip Forecasting Methods with an Electronic Computer”, *Highway Research Board Bulletin*, n° 203, *op. cit.*

<sup>499</sup> J. T. Lynch (Moderator), G. E. Brokke, A. M. Voorhees, M. Schneider, “Panel Discussion on Inter-Area Travel Formulas”, *op.cit.*, p. 138.

réalisées en 1948 et 1955 dans la région métropolitaine de Washington, D.C. – la seule ville qui dispose à l’époque de données aussi riches pour deux périodes distinctes –, est rendue publique en 1962<sup>500</sup>. Son auteur, Walter Hansen, qui au moment de la publication avait déjà quitté l’agence fédérale pour fonder avec Voorhees leur bureau d’études (*supra*), est plutôt favorable à l’égard du modèle de son partenaire, mais le Bureau décide de poursuivre l’investigation. Un autre test, basé toujours sur les données en provenance de Washington, est alors entrepris par des chercheurs du « Bureau of Public Roads », qui rendent leur verdict en 1965 : « the gravity model will give satisfactory results if properly calibrated and tested »<sup>501</sup>. Les deux auteurs du rapport proposent par ailleurs une série de conseils pour caler le plus correctement le modèle. Bientôt sera le tour du modèle de distribution utilisé à Chicago, confectionné par Schneider. Les données pour l’évaluation sont fournies toujours par les enquêtes ménages déplacements de la région métropolitaine de Washington, et le jugement final ressemble étrangement à celui pour le modèle gravitaire : « In conclusion, (...) the use of the intervening opportunities model to simulate and forecast urban travel will give satisfactory results if properly calibrated and tested »<sup>502</sup>. Ce travail d’évaluation de différents modèles produits par les acteurs ne se limitera pas à la seule étape de distribution, mais touchera aussi les étapes d’affectation et de choix modal. Ainsi William Mertz, premier spécialiste en informatique au « Bureau of Public Roads » (*supra*) passe en revue (sans les tester sur ordinateur) les différentes techniques d’affectation utilisées jusqu’en 1961<sup>503</sup>, alors que ses collègues Arthur B. Sossau, Kevin E. Heanue et Arthur J. Balek se penchent sur le modèle de choix modal que la « Traffic Research Corporation » avait produit pour le compte de la région métropolitaine de Washington, D.C. dans le cadre de l’élaboration du plan de transport de la Capitale fédérale pour l’année 1980<sup>504</sup>. Le modèle en question, contrairement à celui utilisé à

---

<sup>500</sup> Walter G. Hansen, « Evaluation of Gravity Model Trip Distribution Procedures », *Highway Research Board Bulletin*, n° 347 : “Trip Characteristics and Traffic Assignment”, 1962, p. 67-76.

<sup>501</sup> Richard J. Bouchard et Clyde E. Pyers, “Use of Gravity Model for Describing Urban Travel. An Analysis and Critique”, *Highway Research Record*, n° 88, 1965, p. 1-43 (p. 1 pour la citation).

<sup>502</sup> Clyde E. Pyers, « Evaluation of Intervening Opportunities Trip Distribution Model », *Highway Research Record*, n° 114, 1966, 71-93 (p. 92). Dans le même numéro, Pyers avec son collègue K. E. Heanue reprennent ensemble toutes les études faites par le Bureau sur les différents modèles de distribution : K. E. Heanue et C.E. Pyers, « A Comparative Evaluation of Trip Distribution Procedures », *Highway Research Record*, n° 114, 1966, p. 20-50. Pyers va revenir à la charge plus tard : Frank E. Jarema, Clyde E. Pyers et Harry A. Reed, « Evaluation of Trip Distribution and Calibration Procedures », *Highway Research Record*, n° 191, 1967, p. 106-129.

<sup>503</sup> William L. Mertz, « Review and Evaluation of Electronic Computer Traffic Assignment Programs », *Highway Research Board Bulletin*, n° 297 : “Forecasting Highway Trips”, 1961, p. 94-105.

<sup>504</sup> Sur ce modèle, parmi les plus élaborés de l’époque: Thomas B. Deen, William L. Mertz et Neil A. Irwin, « Application of a Modal Split Model to Travel Estimates for the Washington Area », *Highway Research Record*, n° 38, 1963, p. 97-123.

Chicago, place l'étape du choix modal *après* la distribution et repartit les déplacements entre les transports en commun et la voiture privée en prenant en compte plusieurs variables, comme le rapport des temps de parcours et celui des coûts pour les deux options, le statut économique de la personne et le motif de déplacement. Le modèle est évalué pour sa capacité à reproduire les données de l'enquête ménages déplacements de l'année 1955, mais aussi pour sa sensibilité par rapport aux différentes variables utilisées<sup>505</sup>. Le jugement est globalement favorable, mais d'après les auteurs, les tests « also revealed limitations that should be considered before further application of the particular modal split technique »<sup>506</sup>.

Mais plus que les évaluations des modèles proposés par les différents acteurs du champ, c'est une autre action déployée par les agents du « Bureau of Public Roads », ceux de l'« Office of Planning/Urban Planning Division » notamment, qui aura à coup sûr le plus d'impact sur les pratiques de modélisation mises en oeuvre par les professionnels de la modélisation des déplacements urbains dans les années 1960, voire au delà : la collecte et la systématisation des pratiques de modélisation jugées les plus performantes et leur diffusion massive auprès des praticiens. Cette opération passe essentiellement par l'écriture de programmes informatiques qui permettent l'exécution sur ordinateur des divers modèles disponibles pour les différentes étapes de la modélisation à quatre étapes. La décennie 1960 est ponctuée, en effet, par l'apparition de volumineux documents qui accompagnent ces programmes et qui expliquent au praticien à la fois les bases théoriques de chaque modèle tout en le guidant pas à pas dans l'utilisation des programmes correspondants – de l'entrée des données à l'interprétation des résultats, en passant par le calage du modèle. Ces documents sont envoyés gratuitement aux intéressés. Sans viser à l'exhaustivité, voici quelques titres qui donnent une idée de l'ampleur du travail accompli. En 1963 paraît ainsi un manuel intitulé : «Calibrating and Testing a Gravity Model with a Small Computer»<sup>507</sup>. L'année suivante, c'est le tour de l'étape d'affectation («Traffic Assignment Manual for Application with a Large High Speed Computer»<sup>508</sup>), et en

---

<sup>505</sup> Arthur B. Sosslau et Arthur J. Balek, «Evaluation of a New Modal Split Procedure and Discussion», *Highway Resaerch Record*, n° 88, 1965, p. 44-68; Arthur B. Sosslau, Kevin E. Heanue et Arthur J. Balek, «Evaluation of a New Modal Split Procedure (avec discussion)», *Public Roads*, vol. 33, n° 1, 1964, p. 5-9 et p. 12-19.

<sup>506</sup> A. B. Sosslau, K. E. Heanue et A. J. Balek, «Evaluation of a New Modal Split Procedure (avec discussion)», *op. cit.*, p. 6.

<sup>507</sup> U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, *Calibrating and Testing a Gravity Model with a Small Computer*, Washington, U.S. Govrenment Printing Office, octobre 1963.

<sup>508</sup> U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, Urban Planning Division, *Traffic Assignment Manual for Application with a Large, High Speed Computer*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, juin 1964.

1965 le Bureau revient à la question de la distribution et de l'affectation pour le cas particulier des aires peu étendues (« Traffic Assignment and Distribution for Small Urban Areas »<sup>509</sup>). Toujours en 1965 est publié un manuel intitulé « Calibrating and Testing a Gravity Model for Any Size Urban Area », qui connaîtra une réédition trois ans plus tard<sup>510</sup>. En 1967, l'étape de génération, la première au sein de la modélisation à quatre étapes, fait aussi l'objet d'un manuel qui explique au praticien les différents modèles disponibles pour cette étape et comment se servir de la bibliothèque de programmes correspondants (« Guidelines for Trip Generation Analysis »<sup>511</sup>). Ce travail étalé sur une décennie est couronné en 1970 par la mise à la disposition des praticiens de tous ces programmes réécrits pour la série 360 d'IBM. Notons que la nouvelle bibliothèque semble être enrichie de quelques nouveaux programmes : ainsi le professionnel de la modélisation des déplacements urbains peut-il utiliser pour l'étape de distribution à la fois le modèle gravitaire, le modèle de Fratar et celui de Schneider<sup>512</sup>. En plongeant dans ces documents, très détaillés, et en relevant les noms des auteurs de chaque programme, on se rend compte du caractère collectif de l'opération. La construction de ces bibliothèques informatiques est assurée, en effet, par une multitude d'individus appartenant à de nombreuses institutions : des bureaux d'études, comme « Alan M. Voorhees and Associates » ou « De Lew Cather & Company », des firmes du secteur informatique comme le « General Electric Computer Department » et « The Service Bureau Corporation », voire le « Bureau of Public Roads » (BPR)<sup>513</sup>. Et comme si ces manuels n'étaient pas assez détaillés, le BPR va assurer dans les années 1960 un cours d'initiation à ces programmes à destination des professionnels de la modélisation des déplacements urbains. Entre 1961 et 1966, ce cours sera

---

<sup>509</sup> U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, *Traffic Assignment and Distribution for Small Urban Areas*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, septembre 1965.

<sup>510</sup> U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, *Calibrating & Testing a Gravity Model for Any Size Urban Area*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, octobre 1965; U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, *Calibrating & Testing a Gravity Model for Any Size Urban Area*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, Reprinted November 1968.

<sup>511</sup> U.S. Department of Transportation/Federal Highway Administration-Bureau of Public Roads (Prepared by : Urban Development Branch/Urban Planning Division/Office of Planning), *Guidelines for Trip Generation Analysis*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, juin 1967.

<sup>512</sup> U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, *URBAN TRANSPORTATION PLANNING – General Information and Introduction to System 360*, Washington, D.C., juin 1970; U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, *Program Documentation: Urban Transportation Planning System 360*, Washington, D.C., juin 1970.

<sup>513</sup> On peut se faire une idée très précise de ce travail collectif, étalé sur plusieurs années, en lisant la publication *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*, dont le premier numéro est sorti le 15 juillet 1963.

dispensé quatorze fois et sera suivi par 471 « étudiants »<sup>514</sup>. En mai 1970 a lieu la 24<sup>e</sup> édition du cours, qui, au vu du programme annoncé, s'avère bien chargé : ainsi dans la journée du 13 mai, les participants-élèves, formant de petits groupes, commencent à travailler à 8 heures du matin et terminent leur apprentissage quelques douze heures plus tard, à 20h30 (avec quelques pauses tout de même). C'est la question de l'affectation du trafic sur le réseau qui est au cœur de la journée. On commence avec le codage du réseau, on se familiarise avec la question du chemin le plus court et on passe beaucoup de temps à calibrer un modèle d'affectation : ainsi « each group will receive a formatted historical record with base year survey trips loaded on a predetermined network. The group will analyse the assigned volumes, compare them with ground counts and formulate recommended changes which would improve the network calibration »<sup>515</sup>.

En 1970, le « Bureau of Public Roads » a pu enfermer, tel le génie dans la bouteille, la modélisation des déplacements urbains (dans sa version de la modélisation à quatre étapes)<sup>516</sup> dans ces machines puissantes que sont les 360 IBM. Le « génie » va-t-il accepter d'y rester ?

---

<sup>514</sup> Department of Commerce, Bureau of Public Roads, *Highways and Human Values : The Bureau of Public Roads Report for Fiscal Year 1966*, p. 24.

<sup>515</sup> U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, Office of Planning, *Urban Transportation Planning Course*, mai 1970, p. 7 (L'exemplaire que j'ai consulté se trouve : Archives personnelles de William L. Mertz : George Mason University Libraries, C0050, Box 26, Folder 98).

<sup>516</sup> Le lecteur attentif a pu remarquer que dans notre présentation des différents manuels l'étape de choix modal est absente. En effet, le « Bureau of Public Roads » ne propose pas aux praticiens de modèles relevant de cette étape. Cela étant, « a mass transit planning system for the IBM System/360 has been developed under contract with the U.S. Department of Housing and Urban Development » (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, *URBAN TRANSPORTATION PLANNING – General Information and Introduction to System 360*, *op. cit.*, p. VI-1). Il s'agit de la bibliothèque informatique développée en 1966 pour le compte du « Department of Housing and Urban Development » par Robert Dial, à l'époque où il travaillait chez « Alan M. Voorhees and Associates » (*supra*). Il faut ajouter qu'à défaut de programmes informatiques, le « Bureau of Public Roads » avait publié en 1966 un document présentant neuf modèles de choix modal développés entre 1955 et 1966 dans différentes villes américaines : Martin J. Fertal, Edward Weiner, Arthur J. Balek, Ali F. Sevin (Prepared by), *Modal Split : Documentation of Nine Methods for Estimating Transit Usage*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, décembre 1966.

## SECTION II

### **Nouvelles techniques de modélisation et montée en puissance de l'université et du secteur privé (vers 1970-vers 1990)**

Le 4 décembre 1969, Francis C. Turner, le patron du « Bureau of Public Roads » (BPR), qui dépend à l'époque du « Department of Transportation » depuis la création de celui-ci en 1966, prend sa plume et adresse une lettre à un certain Richard E. Pearce, éditorialiste au « San Francisco Examiner » : « I have read with considerable interest your editorial of October 19, 1969, entitled «'Mass Transit and Highway Dollars' », lui écrit-il, pour lui avouer immédiatement que lui personnellement tout comme son administration, loin d'être les ennemis des transports publics et les défenseurs inconditionnels du « tout-voiture », ne sont « committed to the continued construction of more freeways except where competent study of transportation needs dictates that need »<sup>517</sup>. Pourquoi le chef de l'institution qui a géré le plus grand programme de travaux publics dans l'histoire de la nation, l'« Interstate Highway System », se sent-il obligé de se justifier devant un journaliste ? La lettre à Richard E. Pearce ne sera pas par ailleurs le seul document que Turner va écrire durant l'année 1969 et dans lequel il essaie de prouver à ses multiples interlocuteurs le bien-fondé de l'action du « Bureau of Public Roads » en matière de politique autoroutière. La fébrilité de Turner s'explique bien par le contexte de l'époque. Turner a peur pour l'avenir du « Bureau », et à vrai dire il a raison de s'inquiéter. Depuis un certain temps, BPR est attaqué de toutes parts<sup>518</sup>, accusé d'être insensible aux multiples nuisances causées par les autoroutes urbaines, environnementales mais aussi sociales, plusieurs autoroutes ayant la fâcheuse tendance à traverser des quartiers pauvres et majoritairement habités par des Noirs, déracinant des communautés entières. Le gouvernement fédéral en personne, le ministère même auquel le « Bureau » appartient, est en

---

<sup>517</sup> Lettre de Francis C. Turner à Richard E. Pearce datée du 4 décembre 1969 (La lettre en question est scannée et peut être consultée aux Archives électroniques du « Department of Transportation » à l'adresse : <http://dotlibrary.specialcollection.net/> (1<sup>er</sup> mars 2013).

<sup>518</sup> Pour un pamphlet, particulièrement bien informé, contre la politique pro-autoroutière, en tout cas vue comme telle, par quelqu'un qui travaillait à l'époque pour le « Department of Transportation », voir : Ben Kelly, *The Pavers and the Paved*, New York, Donald W. Brown, 1971. On peut lire aussi avec profit les travaux historiques de Raymond A. Mohl : « The Expressway Teardown Movement in American Cities : Rethinking Postwar Highway Policy in the Interstate Era », *Journal of Planning History*, vol. 11, n° 1, 2012, p. 89-103; *Id.*, *The Interstate and the Cities: Highways, Housing, and the Freeway Revolt*, Research Report, Department of History, University of Alabama at Birmingham, 2002.

train de lui tourner le dos, pour s'intéresser de plus en plus aux transports collectifs<sup>519</sup> (il est vrai, qu'à cette époque, l'« Interstate Highway System » dont le BPR a été la cheville ouvrière depuis 1956 est, dans sa majeure, partie achevé). Le « National Environmental Policy Act » est signé par Nixon dans les premiers jours de l'année 1970<sup>520</sup>, et le « Bureau of Public Roads » disparaît cette même année, absorbé par la « Federal Highway Administration » (FHWA), l'une des grandes directions du « Department of Transportation ». Privée désormais d'une bonne partie des ressources scientifiques et techniques internes dont disposait le « Bureau of Public Roads », la FHWA, toujours acteur important dans le champ de la modélisation des déplacements urbains aux Etats-Unis, se cantonnera pour l'essentiel au rôle de financeur.

La disparition du « Bureau of Public Roads » ne signe pas pour autant la fin immédiate de l'implication forte de l'Etat fédéral dans le champ de la modélisation des déplacements urbains. Un nouvel acteur fédéral, au sein toujours du « Department of Transportation », va reprendre, et garder allumé, le flambeau de la modélisation « fédérale » pendant une dizaine d'année : la « Urban Mass Transit Administration » (UMTA), créée en 1968, et pendant pour les transports collectifs de la « Federal Highway Administration » (FHWA). Arrivé à la UMTA en 1971, doté d'un budget considérable et en constante augmentation<sup>521</sup>, Robert Dial, modélisateur de grand talent lui-même (voir ch. 2 et ch. 4), multiplie les contrats de recherche auprès de centres de recherche et de bureaux d'études privés. Lui et ses collaborateurs au ministère vont ainsi constituer et faire évoluer tout au long des années 1970 une riche bibliothèque de programmes informatiques, qui intègre périodiquement les avancées les plus récentes en matière de modélisation des déplacements urbains. Il s'agit de la (fameuse) librairie informatique connue sous le nom de « Urban Transportation Planning System » (UTPS), dont le succès va pousser même la FHWA à abandonner, vers 1977, la batterie de programmes dont elle avait hérité du « Bureau of Public Roads » (BPR) et à soutenir le développement de

---

<sup>519</sup> Voir par exemple : John A. Volpe, « Trends in Transportation Policy », *Traffic Quarterly*, vol. XXVII, n° 2, 1973, p. 163-171 (John A. Volpe est ministre des Transports depuis janvier 1969) ; Mark H. Rose, « Reframing American Highway Politics, 1956-1995 », *Journal of Planning History*, vol. 2, n° 3, 2003, p. 212-236.

<sup>520</sup> Michael E. Kraft, « U.S. Environmental Policy and Politics: From the 1960s to the 1990s », *Journal of Policy History*, vol. 12, n° 1, 2000, p. 17-42 (p. 21). L'auteur analyse la montée en puissance des préoccupations environnementales aux Etats-Unis à partir des années 1960 et donne une bibliographie sur le sujet.

<sup>521</sup> Je dois cette information à Robert Dial lui-même. Il se trouve dans « Dial\_hudhistory\_8.15.07.doc », texte long de dix-sept pages, écrit par Robert Dial lui-même et aimablement mis à ma disposition par l'auteur. Le témoignage de Dial est en phase avec les données statistiques. Les dépenses fédérales consacrées à la R&D en matière des transports collectifs surpassent celles pour les autoroutes tout au long de la période 1975-1983. Voir *Transportation Research Circular*, n° 355, février 1990 (« Adequacy of Research Funding for Transportation Management and Administration Research »), p. 26.



l'UTPS. Proche du « state-of-the art » de l'époque, le « Urban Transportation Planning System » (UTPS) défait aussi toute concurrence dans la mesure où il était envoyé gratuitement à qui en faisait la demande. Et comme pour le cas des programmes informatiques établis sous l'égide du « Bureau of Public Roads » dans les années 1960, l'UTPS pouvait asseoir sa diffusion sur une série de supports d'information et de guides d'usage ainsi que sur l'organisation de cours à travers le territoire américain.

N'empêche. Malgré la présence de la « Federal Highway Administration » et, surtout, celle de la « Urban Mass Transit Administration » (UMTA) dans le champ de la modélisation des déplacements urbains, la disparition du BPR ne va pas manquer d'affecter profondément le système d'acteurs impliqués dans ce type de modélisation, et de réordonner de fond en comble les relations entre les composantes du champ. La fabrication même de l'UTPS témoigne de ces changements. Comme noté, la nouvelle librairie informatique fédérale, qui va finir par remplacer celle produite sous l'égide du « Bureau of Public Roads » dans les années 1960, est le produit exclusif d'acteurs étrangers à l'Administration fédérale, qui ne dispose plus des ressources humaines nécessaires pour participer activement à la fabrication des nouvelles connaissances et pratiques dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains.

Les années 1970, qui s'ouvrent avec la disparition du « Bureau of Public Roads », inaugurent plusieurs tendances qui vont se confirmer dans la décennie suivante, pour devenir des éléments centraux du paysage de la modélisation des déplacements urbains par la suite, et ce jusqu'à nos jours. Tout d'abord la machine universitaire mise en place dans les années 1960 (ch. 2) va commencer à produire à la fois des modélisateurs rompus aux techniques sophistiquées et des résultats de recherche dont certains auront une portée opérationnelle. Les mêmes années 1970 verront aussi l'apparition d'un nouveau type de bureaux d'études privés, qui entretient des rapports très étroits avec le milieu universitaire et qui, de ce fait, s'avère capable d'intégrer dans ses pratiques de *consulting* plusieurs avancées issues de la recherche académique. Cette alliance entre université et secteur privé sera renforcée dans les années 1980. Pour une série de raisons, relevant de la « macro-sociologie » pour certaines – le retrait de l'Etat fédéral de plusieurs domaines qui relevaient jusqu'alors de sa juridiction suite à l'arrivée de Ronald Reagan au pouvoir par exemple –, de la « microsociologie » pour d'autres – comme le départ de Robert Dial de l'UMTA pour un poste de professeur à l'Université du Texas –, l'Administration fédérale décide de ne plus maintenir, et *a fortiori* enrichir, la librairie de programmes informatiques qui composent l'« Urban Transportation Planning System »

(UTPS), en l'adaptant, par exemple, aux nouveaux supports issus de la révolution micro-informatique des années 1980. Plusieurs firmes privées profiteront alors de ce désistement de l'Etat fédéral pour créer un marché de logiciels relatifs à la modélisation des déplacements urbains. Les plus innovantes d'entre elles, qui arrivent à incorporer dans leurs produits commercialisés les fruits du travail académique, sont celles qui entretiennent des rapports étroits, parfois consanguins, avec le milieu de la recherche.

La deuxième section décline de façon détaillée les grands changements qui ont lieu dans les années 1970 et 1980 et que nous venons de présenter de manière synoptique. Elle le fait à l'aide de trois chapitres thématiques. Chacun d'entre eux porte sur une innovation majeure dans le champ de la modélisation des déplacements urbains, survenue dans les années 1970. Devant beaucoup à la recherche universitaire, ces innovations n'en mobilisent pas moins à la fois durant leur production et (massivement) dans leur cheminement vers la pratique le secteur privé, des bureaux d'études et des firmes productrices de logiciels entretenant des rapports avec le monde universitaire en premier lieu.

Le premier chapitre de la section traite de la modélisation dite « désagrégée » (« disaggregate modeling »). Celle-ci est construite dans un premier temps dans un mouvement de critique assez radicale de l'approche dominante, la « modélisation à quatre étapes », accusée de manquer de bases scientifiques solides, et de ce fait d'avoir perdu une bonne partie de son efficacité dans le nouveau contexte des politiques de transports qui émergent à la fin des années 1960 et se développent durant les deux décennies suivantes. Avec la fin des grands travaux d'infrastructure routière – la majeure partie de l' « Interstate Highway System », sa partie urbaine y compris, est déjà réalisée à la fin des années 1960 –, les politiques de planification en matière de transports visent désormais plutôt à tirer le meilleur parti des infrastructures existantes qu'à en produire des nouvelles. De nouvelles techniques de modélisation sont alors réclamées, capables de prédire avec précision les futurs flux de trafic – ceux relatifs aux transports en commun qui montent en puissance, y compris – qui résulteraient des différentes politiques d'aménagement envisagées sur les réseaux en place<sup>522</sup>, dans le but d'évaluer les multiples impacts des différents scénarios sur l'environnement (émissions atmosphériques, consommation d'énergie, etc.) et sur la société (avantages et désavantages pour des groupes sociaux particuliers...).

---

<sup>522</sup> Tels que : l'interdiction de stationnement, la création de couloirs dédiés de façon exclusive aux transports en commun, la mise en place de nouvelles tarifications ou l'établissement de péages...

Echangeant la « totalité », les flux agrégés de déplacements entre les différentes parties de la ville contre les éléments qui la composent, d'où son appellation de « désagrégée », cette nouvelle approche tente de prévoir les flux sur les réseaux à partir du comportement de l'*individu*, qui essaie de « maximiser » l'utilité qu'il peut tirer de ses choix de déplacement. Un nom, Daniel McFadden, futur prix Nobel d'économie en 2000, et un bureau d'études, « Cambridge Systematics », une quasi « annexe » du MIT qui va doter la région métropolitaine de San Francisco du premier modèle désagrégé opérationnel aux Etats-Unis dans la seconde moitié des années 1970, deviennent les symboles de la nouvelle démarche. La modélisation désagrégée va passer avec succès le test de la pratique. Mais alors qu'elle avait commencé sa carrière en adressant plusieurs critiques aux modèles en place, la modélisation désagrégée va finir par s'insérer à la « modélisation à quatre étapes », en occupant la seule case du « choix modal » et en vivant en symbiose avec les modèles agrégés utilisés pour les autres étapes, comme le modèle gravitaire qui règne toujours au sein de l'étape de distribution.

Le deuxième chapitre de la section présente une autre nouveauté de la période, qui porte sur la dernière étape de la modélisation à quatre étapes, celle de l'affectation. Il s'agit de la technique dite de l'« affectation à l'équilibre », développée au début des années 1970. Comme dans le cas de la modélisation désagrégée, l'« affectation à l'équilibre » doit beaucoup au monde académique. Sa diffusion auprès des praticiens est également largement associée à des acteurs du privé, des firmes productrices de logiciels en particulier. Ces dernières, à l'instar du bureau d'études « Cambridge Systematics » dont l'action a été décisive pour le développement et la diffusion de l'approche désagrégée, entretiennent des rapports très étroits avec l'Académie et vont réussir à incorporer régulièrement dans leurs produits et services les résultats issus du monde de la recherche. Les exemples de la firme canadienne « INRO » et du « Caliper », compagnie installée dans la région de Boston, illustreront ce couplage et son efficacité.

Le dernier chapitre de la section est consacré à la période qui va des années 1970 à nos jours, et nous amène des modèles aux données qui les alimentent. Si nous avons préféré de traiter toute cette période en un seul bloc, c'est que, contrairement à l'évolution des pratiques de modélisation où des changements importants, parfois sous forme de ruptures, séparent assez nettement les années 1970-1990 de deux décennies suivantes, dans le domaine des enquêtes sur les déplacements l'évolution semble être plus graduelle, même si on est actuellement les

témoins d'expérimentations qui peuvent s'avérer lourdes de conséquences en la matière. Mais pourquoi faire évoluer les pratiques en ce qui concerne le recueil de données sur les déplacements ? Des impératifs économiques – diminuer les coûts des « enquêtes ménages déplacements » –, des avancées scientifiques dans les techniques d'échantillonnage, des évolutions sociétales – visiter certains quartiers pour interroger leurs habitants sur leurs pratiques de mobilité devient franchement dangereux –, des considérations liées aux nouvelles techniques de modélisation comme l'approche désagrégée, conjuguent leurs effets pour modifier les façons de collecter et de traiter des données alimentant les modèles et font émerger de nouvelles pratiques en la matière. Mais les nouvelles pratiques déployées durant la décennie 1970-1990 ne font pas disparaître tous les problèmes. On dessine alors de nouvelles formes de questionnaires pour lutter contre la mémoire « sélective » des individus qui oublie de signaler une bonne partie de leurs déplacements. Ou bien on essaie de contrer la tendance « sociétale » qui fait que de moins en moins de personnes acceptent de répondre à des enquêtes portant sur leurs pratiques. Séduits par l'arrivée de nouvelles technologies, telles que la « Géolocalisation Par Satellite » (GPS), on commence alors à songer à des solutions plus radicales : et si on remplaçait les « enquêtes ménages déplacements » par de nouvelles techniques de recueil de données ? Une expérimentation toute récente semble montrer que c'est possible. Notons enfin que les deux grandes tendances à l'œuvre durant la période 1970-1990, à savoir la montée en puissance de la recherche universitaire et du secteur privé, font sentir aussi ici, et jusqu'aux années les plus récentes, leur présence.

## CHAPITRE 3

### La modélisation désagrégée et un prix Nobel : pratiques et acteurs (I)

En 1962, “Northwestern University Press” publie un livre intitulé “Stochastic Choice of Mode in Urban Travel: A study in Binary Choice”<sup>523</sup>. L’ouvrage est la thèse de Stanley Leon Warner, effectuée au sein du « Transportation Center », grâce au soutien financier de l’« Automobile Manufacturers Association »<sup>524</sup>. En soutenant sa thèse, Warner clôt un long cycle commencé douze ans plus tôt. Ancien de « Northwestern University », dont il sort diplômé en 1950, il intègre cinq ans plus tard le « Transportation Center » pour entreprendre un « graduate work in economics » en 1958-1959, avant de commencer à y collaborer comme « full-time research economist » à partir du mois de septembre 1959<sup>525</sup>. Cette familiarisation de l’auteur avec la science économique va s’avérer productive pour la modélisation des déplacements urbains. L’approche mise en œuvre par Warner tranche en effet de façon nette avec la philosophie générale qui domine ce champ au tournant des années 1950 et 1960. Au lieu d’appréhender les déplacements urbains, et leur modélisation, en termes de zones et de flux agrégés, l’auteur centre son analyse sur l’individu qui doit choisir, en fonction de ses préférences et des performances de chaque mode de transport, entre deux options qui s’offrent à lui : voiture ou transports collectifs. Warner essaie alors d’identifier une série de variables capables de rendre compte de la décision, exprimée en terme de probabilité, en faveur de tel ou tel mode de transport : « [T]he study is concerned with estimating the ‘probability’ that an individual chooses this or that mode travel », écrit l’auteur (p. 4), qui se propose d’étudier la façon dont les différences de temps et de coût de trajet quand on passe d’un mode à l’autre, d’un côté, le revenu de la personne, de l’autre affectent cette probabilité.

Saluée immédiatement comme un « concise, interesting and well-conceived statistical treatment of an important and perplexing question »<sup>526</sup>, la thèse de Warner ne trouve pas pour

---

<sup>523</sup> Stanley Leon Warner, *Stochastic Choice of Mode in Urban Travel : A Study in Binary Choice*, Evanston (IL) Northwestern University Press, 1962.

<sup>524</sup> *Ibid.*, « Acknowledgments ».

<sup>525</sup> The Transportation Center at Northwestern University, *The Professional Staff and Faculty, 1954-1960*, Evanston, sans date, p. 37.

<sup>526</sup> Leslie C. Edie, Compte rendus de : « Walter Y. Oi and Paul W. Shuldiner, *An Analysis of Urban Travel Demands*, The Transportation Center at Northwestern University, Evanston (IL) 1962 ; Stanley Leon Warner, *Stochastic Choice of Mode in Urban Travel: A Study in Binary Choice*, The Transportation Center at Northwestern University, Evanston (IL), 1962”, *Operations Research*, vol. 11, n° 3, 1963, p. 468-470 (p. 469).

autant de successeurs immédiats ; elle est même délaissée par son auteur, qui, durant sa carrière universitaire, ne reviendra pas sur la question du choix du mode de transport, en lui préférant d'autres sujets de recherche dans le champ de l'analyse statistique<sup>527</sup>.

Mais ce « désintérêt » pour l'approche mise en œuvre par Warner, passée à la postérité sous le nom d'« approche désagrégée », ne dure pas longtemps. A la fin des années 1960 et au début des années 1970, on enregistre aux Etats-Unis plusieurs travaux adoptant cet angle d'attaque. Emanant majoritairement du milieu universitaire, ils font intervenir également des bureaux d'études ayant noué des rapports étroits avec le monde académique. Cette concentration de recherches et de publications n'est pas le fruit du hasard. Le contexte général en matière de politiques de transports est, en effet, favorable à la modélisation désagrégée. De grandes villes, comme Washington, San Francisco ou Atlanta, envisagent sérieusement, études de modélisation à l'appui, de se doter de « chemins de fer » urbains (métros et autres systèmes en site propre), alors que le gouvernement fédéral multiplie les gestes en faveur des transports collectifs en général, dans un contexte de forte mise en cause de « tout-highway » (Introduction de la section II). Ainsi l'« Urban Mass Transportation Act » est-il voté en 1964 – amendé en 1966, accompagné par l'« Urban Mass Transportation Assistance Act » de 1970 –, débloquant de l'argent fédéral pour la recherche, l'étude et le développement des transports collectifs dans les régions métropolitaines. Signe de l'esprit du temps : les ingénieurs du « Bureau of Public Roads », architectes principaux du système d'autoroutes de la nation américaine préconisent en 1967 l'idée des couloirs réservés aux bus<sup>528</sup>. Et comme nous l'avons vu, d'autres projets fédéraux de grande ampleur, à l'instar du « Northeast Corridor Project », mettant en avant la multi-modalité, voient également le jour dans les années 1960 (ch. 2).

Or cet engouement pour les transports collectifs – nécessitant de nouvelles infrastructures comme le métropolitain ou une nouvelle gestion des infrastructures existantes (établissement de couloirs réservés aux bus, par exemple) – ne va pas tarder à susciter au sein de la communauté des modélisateurs différents débats. Assez vite pour plusieurs de ses membres –

---

<sup>527</sup> Stanley L. Warner, « Asymptotic Variances for Dummy Variate Regression under Normality Assumptions », *Journal of the American Statistical Association*, vol. 62, n° 230, 1967, p. 1305-13141; *Id.*, «The Linear Randomized Response Model», *Journal of the American Statistical Association*, vol. 66, n° 336, 1971, p. 884-88. Notons que la bibliographie de la thèse de doctorat de Warner est dominée par des références relevant de la science statistique.

<sup>528</sup> Edward Weiner, *Urban Transportation Planning in the United States. An Historical Overview*, Westport (Connecticut), Praeger, 1999 (2e éd.), p. 42-48, p. 74.

de l'aile « avant-gardiste », qui viennent souvent du monde universitaire ou entretiennent des liens étroits avec lui<sup>529</sup> –, un consensus semble se dégager. Conçue et mise en œuvre pour l'essentiel pour prédire à un horizon assez long (quinze à vingt ans) les futurs grands flux de trafic automobile dans le système autoroutier à construire, la modélisation pratiquée jusqu'alors, quels que soient ses mérites, présente plusieurs limitations, qui la rendent difficilement mobilisable dans le nouveau contexte<sup>530</sup>.

Elle est trop agrégée d'abord. La modélisation à quatre étapes raisonne en termes de zones urbaines et de grandes masses de flux qui vont d'une partie de la ville à l'autre. Il en résulte que toutes les variations de comportement possibles à l'intérieur d'une population d'individus, probablement dotés de caractéristiques et d'attitudes différentes face à la question du déplacement, sont alors gommées au profit d'un « individu » moyen qui représente la « zone » (ou un groupe de taille plus ou moins important habitant la « zone ». Ironie du sort : les données brutes des « enquêtes ménages déplacements » sont, quant à elles, de nature « désagrégée », puisque on enregistre les pratiques de déplacement de *chaque individu* du ménage. Mais ces données entrent dans les modèles de façon agrégée, d'où la perte d'une bonne partie de l'information, obtenue pourtant à grands frais. Or, cet « individu moyen » n'est pas d'une grande aide quand on souhaite quantifier les changements produits en matière de pratiques de déplacement par l'introduction d'un nouveau mode de transport, aux caractéristiques très différentes de ceux en place, ou, si l'on veut évaluer les effets de la diminution du prix du ticket ou de l'augmentation du prix de l'essence sur le choix de mode

---

<sup>529</sup> Plusieurs sociologues des professions ont insisté sur le rôle important joué par le sous-groupe des « universitaires » dans l'évolution de l'« image de soi » mais aussi des pratiques d'une communauté professionnelle. Voir par exemple E. Freidson, *Professional Powers, a Study of Institutionalization of Formal Knowledge*, Chicago, University of Chicago, 1986.

<sup>530</sup> Pour une première critique très articulée de la modélisation en place et un plaidoyer en faveur de la modélisation désagrégée (on parle alors de « structural model »), voir : Charles Rivers Associates Incorporated, *A Model of Urban Passenger Travel Demand in the San Francisco Metropolitan Area*, prepared for Peat, Marwick, Livingston & Co, in conjunction with their study for California Division of Bay Toll Crossings, Cambridge (Mass.), Charles River Associates Incorporated, décembre 1967 ; ainsi que l'article cosigné par le fondateur de Charles River Associates Gerald Kraft et Martin Wohl, « New Directions for Passenger Demand Analysis and Forecasting », *Transportation Research*, vol. 1, 1967, p. 205-230. On retrouve ces mêmes critiques contre la modélisation en place et ces mêmes espoirs placés dans la modélisation désagrégée dans des nombreux textes publiés à la fin des années 1960 et durant la première moitié des années 1970. Voir par exemple: Shalom Reichman et Peter R. Stopher, « Disaggregate Stochastic Models of Travel-Model Choice », *Highway Research Record*, n° 369, 1971, p. 91-102 ; Moshe Emanuel Ben-Akiva, *Structure of Passenger Travel Demand Models*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1973 ; Martin G. Richards, « Disaggregate Simultaneous Urban Travel Demand Models : A Brief Introduction », *Transportation*, vol. 3, 1974, p. 335-342 ; Thomas A. Domencich et Daniel McFadden, *Urban Travel Demand : A Behavioral Analysis* (A Charles River Associates Research Study), Amsterdam, North-Holland Publishing Company et New York, American Elsevier, 1975.

de transports pour les citoyens concernés. Quels changements introduirait telle extension du nombre de couloirs réservés aux bus ou une augmentation de la fréquence de passage ? Les « rich, poor, healthy, and handicapped are rarely homogenous »<sup>531</sup>, entonnent les critiques de la modélisation en place, et, contrairement à l'individu « moyen », ils réagissent différemment au même « stimulus ».

En s'appuyant sur une masse impressionnante de données (de nature agrégée), la modélisation pratiquée depuis les années 1950 fait aussi trop confiance aux corrélations qu'elle établit entre les différentes variables intervenant dans les équations des modèles – entre les flux de trafic engendrés par une zone et une série de caractéristiques de la zone, telle que la population active, le taux de motorisation, le revenu des ménages... (étape de génération). Elle accorde, en revanche, peu d'intérêt aux rapports (causaux) entre ces mêmes variables. De ce fait, elle est fortement sujette à ce que ses critiques appellent l'« illusion écologique » (« ecological fallacy »)<sup>532</sup>, qui guette toute analyse fondée sur des corrélations statistiques entre agrégats. Il se peut, en effet, que les corrélations observées au niveau agrégé soient le fruit du hasard, ou de l'existence d'une variable « cachée », qui ne figure pas dans le modèle. Du coup, le pouvoir prédictif du modèle est fortement entamé : la corrélation fortuite observée dans un contexte donné ne se reproduira pas nécessairement dans un autre contexte<sup>533</sup>.

---

<sup>531</sup> Daniel L. McFadden, «The Theory and Practice of Disaggregate Demand Forecasting for Various Modes of Urban Transportation», dans William F. Brown (éd.), *Emerging Transportation Planning Methods*, Proceedings of the Seminar on emerging transportation planning methods, held December 1976 in Daytona Beach, Florida, Department of Transportation, Office of University Research, Washington, D.C., August 1, 1978, p. 1-27 ( p. 2).

<sup>532</sup> L'« ecological fallacy » (« illusion écologique ») est associée au nom du sociologue W.S. Robinson, qui n'emploie pas le terme mais offre une analyse du problème dans son article devenu célèbre : W.S. Robinson, « Ecological Correlations and The Behavior of Individuals », *American Sociological Review*, vol. 15, n° 3, juin 1950, p. 351-357. Le livre signé par R. de Neufville et J.H. Stafford, *Systems Analysis for Engineers and Managers*, New York, McGraw-Hill, 1971, a apparemment joué un rôle important pour familiariser la communauté des modélisateurs dans le domaine des transports avec le problème de « ecological fallacy ».

<sup>533</sup> L'un des « papes » de la modélisation désagrégée, McFadden donne l'exemple suivant : Imaginons un quartier habité de façon disproportionnée par des familles nombreuses avec des enfants en bas âge (fait contingent). A cause de l'usage intensif de la voiture par l'un des membres du ménage pour satisfaire les besoins en matière de déplacements des enfants, les autres membres du foyer sont contraints d'utiliser les transports collectifs malgré le fait que les temps de marche pour y accéder soient importants. Supposons qu'une corrélation soit établie entre le temps de marche et l'intensité d'usage des transports collectifs. Il va de soi que cette relation ne sera pas observée dans une autre configuration, et où la part de familles nombreuses dans la population totale est bien moindre (la taille de la famille est ici la variable « cachée »). Tout modèle qui lierait usage des transports collectifs et temps de marche produirait de mauvaises prédictions. Voir Daniel L. McFadden, « The Theory and Practice of Disaggregate Demand Forecasting for Various Modes of Urban Transportation », *op. cit.*, p. 5.



Le fait que les variables corrélées ne soient pas nécessairement unies par des rapports causaux fait aussi que la modélisation agrégée est trop liée au site (la ville) qui a fourni les données initiales. D'où le côté très onéreux de l'approche, chaque site nécessitant ses propres données pour la calibration de son modèle propre.

D'après les détracteurs de la modélisation en place, accusée d'être trop « agrégée » dans ses principes de base, tous ces défauts ne peuvent disparaître que si on attaque le problème à la racine, et développe ce qu'il manque aux modèles existants : le *lien causal* entre les caractéristiques du système de transport et les décisions des individus. Passons des agrégats (aux flux globaux) aux éléments qui les composent, à savoir *les individus* qui se déplacent. Après tout, « Zones don't travel ; people travel ! »<sup>534</sup>, tel est le slogan qui circule parmi ceux qui souhaitent remplacer la modélisation agrégée pratiquée jusqu'alors par son opposé, une « modélisation désagrégée » (« disaggregate modeling») centrée sur l'individu : on doterait alors celui-ci d'une « théorie » articulée et explicite *de comportement*, sur la base de laquelle on anticiperait (et prédirait) ses réactions en matière de mobilité suite aux différents changements intervenus dans sa vie – une augmentation de ses revenus, par exemple – et dans le système de transports.

En proposant un tel changement de « paradigme », les tenants de la modélisation désagrégée n'espèrent pas seulement améliorer la capacité prédictive des modèles dans le champ de la modélisation urbaine. L'approche qu'ils préconisent présente à leurs yeux deux autres avantages non négligeables. Tout d'abord, le modèle désagrégé a besoin de moins de données (nombre d'observations) pour être calibré que son homologue agrégé, dans la mesure où ce dernier n'exploite pas la majeure partie des informations recueillies lors des « enquêtes ménages déplacements », suite au processus d'agrégation de données au niveau zonal. Qui plus est, sa transférabilité est *a priori* plus grande : en effet, si les paramètres du modèle reflètent les caractéristiques des individus et non pas celles des villes qui ont fourni les données des enquêtes, on peut espérer qu'un modèle développé « ici » peut s'adapter plus facilement « ailleurs », la nature humaine présentant moins de variations à travers l'espace que la morphologie d'une ville entière.

---

<sup>534</sup> Daniel McFadden, « Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side – A 30 Years Retrospective », dans David Hensher (éd.), *Travel Behaviour Research: The Leading Edge*, Amsterdam, Pergamon, 2001, p. 17-63 (p. 17).

Justifiées ou pas<sup>535</sup>, ces critiques adressées aux modèles du passé et ces espoirs placés dans la modélisation désagrégée à venir vont fournir à différents modélisateurs l'énergie nécessaire<sup>536</sup> pour se lancer dans cette nouvelle aventure, qui place l'individu, ses motivations et ses choix, au cœur de la modélisation. Mais quel individu ? Difficile de faire plus « individualiste », du point de vue méthodologique il va de soi, que les économistes, lesquels, comme nous l'avons vu s'intéressent beaucoup dans les années 1960 à la question des transports (ch. 2). Armés de leur théorie de l'individu-consommateur qui maximise sa fonction d'utilité, ce sont en effet les économistes qui vont beaucoup œuvrer en faveur de la modélisation désagrégée, en investissant en premier lieu la question de la valeur *subjective* du temps, telle qu'elle est révélée par les choix que le voyageur effectue en matière de moyen de transport. Pourquoi la *valeur du temps* ? Même un profane pressent qu'elle doit entretenir *un rapport causal* avec le choix du mode de transport.

Ainsi, Thomas Edward Lisco soutient-il, en juin 1967 à Chicago une thèse en économie dont l'objectif est de « put a value on the time spent by commuters during the daily travels to and from work. More specifically, it is a study of the marginal value of commuter's travel time; a study of how it is worth to commuters to save given amounts of time on the commuting

---

<sup>535</sup> Avec le recul, les adeptes de la modélisation désagrégée vont nuancer leurs propos. On se rend compte que l'approche désagrégée est obligée de procéder à son tour à des opérations d'agrégations (le même ensemble de paramètres est ainsi appliqué à un groupe entier d'individus). La mise en oeuvre opérationnelle de la démarche s'avère aussi plus difficile que l'on imaginait, et les premières applications de la méthode ne donnent pas toujours de résultats clairement supérieurs à ceux obtenus par les modèles agrégés. Pour un premier bilan, vers le milieu des années 1980, voir les textes des : Janusz Supernak, « Transportation Modeling : Lessons from the Past and Tasks for the Future », *Transportation*, vol. 12, 1983, p. 79-90 ; Janusz Supernak et Walet R. Stevens, « Urban Transportation Modeling : The Discussion Continues », *Transportation*, vol. 14, 1987, p. 73-82 ; et surtout les textes suivants, bien plus techniques mais aussi bien plus riches : Martin Richards, « Disaggregate Demand Models – Promises and Prospects », *Transportation Research Part A*, vol. 16A, n° 5-6, 1982, p. 339-344 ; Joel L. Horowitz, « Travel and Location Behavior : State of Art and Research Opportunities », *Transportation Research Part A*, vol. 191, n°5/6, 1985, p. 441-453 ; Joel L. Horowitz, « Evaluation of Discrete-Choice Random-Utility Models as Practical Tools of Transportation Systems Analysis », dans Transportation Research Board, *Travel Analysis Methods for the 1980's*, Proceedings of a conference held October 3-7, 1982, Special Report n° 201, Washington, D.C., Transportation Research Board, p. 127-136 ; Steven R. Lerman, « Mathematical Models of Travel Demand : A State-of-the Art Review », dans Transportation Research Board, *Travel Analysis Methods for the 1980's*, Proceedings of a conference held October 3-7, 1982, Special Report n° 201, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1983, p. 114-127. Signalons aussi que parmi les premiers à exprimer quelques doutes au sujet de la supériorité de la modélisation désagrégée est un pionnier de cette approche, David Hartgen : voir David Hartgen et Martin Wachs, « Disaggregate Travel Demand Models for Special Context Planning : A Disenting View », dans Peter Stopher et Armin H. Meyburg (éd.), *Behavioral Demand Modeling and Valuation of Travel Time*, Special Report n° 149, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1974, p. 116-126.

<sup>536</sup> Voir Randall Collins, *The Sociology of Philosophies : A Global Theory of Intellectual Change*, Cambridge (Mass.), Belknap Press of Harvard University Press, 1998 (les positions de Collins sont commodément résumées par Martin Mulsow, « Qu'est-ce qu'une constellation philosophique ? Propositions pour une analyse des réseaux intellectuels », *Annales HSS*, n° 1, janvier-février 2009, p. 81-109 (p. 90-93, notamment)).

trip»<sup>537</sup>. Les visées pratiques du travail sont annoncées dès la première page – “if it is known how commuters value their travel time, better predictions can be made regarding the conditions under which people will use mass transportation facilities” (p. 1). Comme dans le cas de Warner, Lisco peut s’appuyer sur les données d’une enquête « non conventionnelle », réalisée en 1964 par les soins du personnel du « Chicago Area Transportation Study » (CATS), portant sur 2 000 ménages (p. 6). Et comme dans le cas de Warner, les « commuters » interviewés et étudiés peuvent choisir seulement entre deux options, voiture et rail (le « CTA rapid transit »). S’appuyant sur les résultats quantitatifs qu’il a pu produire avec son modèle désagrégé de choix binaire – d’après l’auteur, « typical commuters value their time at something in the vicinity of \$2,50-\$2,70 per hour, and regard the pure difference in comfort between driving and using the CTA rapid transit as being worth two dollars a day” (p. 62) –, Lisco est fier d’annoncer qu’il a pu discrediter “two of the most prevalent myths concerning commuters and their commuting habits”, à savoir que “first (...) commuters are to great extent irrational in their choice of transportation mode, and second that once a commuter is lost to mass transportation, he is lost for ever” (p. 62). On voit que la modélisation désagrégée se développe dans un contexte marqué par la volonté de revaloriser les transports collectifs.

Thèse de doctorat de Warner en 1962, celle de Lisco en 1967. La région de Chicago semble plébisciter la modélisation désagrégée, au point d’attirer des chercheurs déjà formés ailleurs. Sans pouvoir faire ici le bilan de tous ces flux migratoires, qui témoignent de l’hégémonie exercée par les Etats-Unis dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains à l’époque, citons le cas de deux britanniques qui vont atterrir à la « Northwestern University », qui abrite à la même époque des économistes ayant travaillé sur la question de la valeur du temps dans les transports comme Leon N. Moses et Harold F. Williamson, membres du « Transportation Center » de cette université<sup>538</sup>. Peter L. Watson (né en 1944), un Ecossais formé à l’« University of Edinburgh » où il a étudié des langues modernes et l’économie, est nommé, en 1970, « Assistant Professor of Economics » à la « Northwestern University » et

---

<sup>537</sup> Thomas Edward Lisco, *The Value of Commuters’ Travel Time. A study in Urban Transportation*, Ph.D. dissertation, Department of Economics, The University of Chicago, juin 1967, p. 1.

<sup>538</sup> Leon N. Moses et Harold F. Williamson, “Value of Time, Choice of Mode, and the Subsidy Issue in Urban Transportation”, *Journal of Political Economy*, vol. 71, n° 3, Juin 1963, p. 247-264. Les auteurs citent le travail de Warner: “For an alternate approach to the prediction of mode choice, see the recent, interesting work by Stanley L. Warner (...)”, in *ibid.*, p. 257.

« Research Associate » au « Transportation Center »<sup>539</sup>. Il apportera avec lui le savoir faire britannique en matière d'évaluation de la valeur du temps et de modélisation désagrégée, savoir faire illustré entre autres par les travaux de Michael Beesley<sup>540</sup> et D.A. Quambry<sup>541</sup>. Un peu avant l'arrivée de Watson sur le sol américain, un autre britannique, Peter Stopher, quitte aussi sa terre natale pour les Etats-Unis d'abord, avant d'arriver aujourd'hui jusqu'en l'Australie, au long d'une carrière qui le consacrera comme l'un des modélisateurs les plus actifs dans le domaine des déplacements urbains<sup>542</sup>. Diplômé de l' « University of London », en 1964, Stopher poursuit, au sein de la même Université et dans le domaine des "traffic studies", ses études qui culminent en 1967 avec un Ph.D.<sup>543</sup> sous la direction de l'un des « papes » de la recherche en transports en Angleterre, Rueben J. Smeed (1909-1976)<sup>544</sup> (Stopher CV 2009). Tout en s'appuyant sur la (maigre) littérature américaine existante au sujet de la modélisation du choix modal – du travail d'Adams aux travaux de la « Traffic Research Corporation » en passant par la thèse de Warner –, Stopher apporte sa contribution au sujet en développant un modèle désagrégé de choix modal à partir d'une enquête portant sur les pratiques de déplacement du personnel de l' « University College London ». Après un bref passage comme « Research Officer » au « Greater London Council », Stopher accepte, en 1968, un poste d'« Assistant Professor » au « Department of Civil Engineering » de la « Northwestern University » et devient aussi chercheur associé au « Transportation Center ». Le Britannique reste associé à cette université jusqu'en 1982 – il sera nommé professeur en 1978 et « Visiting Professor » en 1980 –, après l'avoir quittée durant la période 1970-1973

---

<sup>539</sup> Peter L. Watson, *The Value of Time: Behavioral Models of Modal Choice*, Lexington (Mass.), Lexington Books, 1974, "About the author".

<sup>540</sup> Voir l'article fondateur de Michael E. Beesley, « The value of time spent travelling – some new evidence », *Economica*, mai 1965, p. 175-185, et l'article à son honneur d'un autre grand spécialiste de la question de la valeur du temps, David A. Hensher, « Measurement of the Valuation of Travel Time Savings », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 35, part 1, janvier, 2001, p. 71-98 (tout le numéro est consacré à l'oeuvre de Beesley).

<sup>541</sup> D.A. Quambry, « Choice of Travel Mode for the Journey to Work : Some Findings », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 1, n° 3, 1967, p. 273-314.

<sup>542</sup> Un CV récent de Stopher peut se trouver à l'adresse suivante :

([http://sydney.edu.au/business/\\_data/assets/pdf\\_file/0012/14205/peters-cv.pdf](http://sydney.edu.au/business/_data/assets/pdf_file/0012/14205/peters-cv.pdf): c'est une version datée du 25 septembre 2012, consulté une premier fois le 1er décembre 2012. J'avais consulté, et stocké sur mon ordinateur, une version antérieure datée du 14 janvier 2009. Sauf mention explicite les informations relatives à l'auteur sont tirées de ces deux documents: Stopher CV 2009 et Stopher CV 2012 respectivement.

<sup>543</sup> Peter Robert Stopher, *Factors Affecting Choice of Mode of Transport*, University College London, juillet 1967. A la lecture de la bibliographie citée, on se rend compte de la suprématie écrasante des Etats-Unis dans la modélisation des déplacements urbains à l'époque.

<sup>544</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Reuben\\_Smeed](http://en.wikipedia.org/wiki/Reuben_Smeed): 1er décembre 2012), et surtout J.G. Wadrop, « Reuben Smeed, 1900-1976 », *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, vol. 140, n° 4, 1977, p. 570-571. Voir (Stopher CV 2009).

pour des brefs séjours à la « McMaster University » (1970-71) (Canada) et à la « Cornell University » (1971-73). A Cornell, Stopher noue des relations durables avec Arnim H. Meyburg, avec qui il va cosigner et éditer dans les années 1970 plusieurs textes qui vont obtenir le statut de classique dans la littérature de la modélisation des déplacements urbains<sup>545</sup>. Dès son arrivée aux Etats-Unis, Stopher sera un militant de la modélisation désagrégée – dans sa version « logit », précision pour les spécialistes (*infra*). En témoigne tout d’abord ses notes de cours à « Northwestern »<sup>546</sup>, apparemment immédiatement repérés par d’autres modélisateurs de l’époque<sup>547</sup>, ainsi que le sujet des thèses qu’il va diriger à Evanston et à Cornell, tout comme ses publications dans les années 1970. Publiées une première fois en 1970, ses « Lectures of Urban Models », très complètes sur la « modélisation classique » (agrégée), incluent aussi les développements les plus récents développements en matière de modélisation désagrégée<sup>548</sup>. Stopher va donner également un cours de haute tenue mathématique adressé uniquement à des élèves de Master et Ph.D., intitulé « Transportation Analysis Methods », contenant entre autres des techniques statistiques pour le calibrage des modèles désagrégés<sup>549</sup>. Le militantisme de Stopher en faveur de la modélisation désagrégée se manifeste aussi par le sujet des thèses qu’il va diriger à Evanston et à Cornell<sup>550</sup>, tout comme dans ses multiples publications, à commencer par un résumé de sa thèse paru en 1969, et pour lequel le « Highway Research Board » lui décerne le

---

<sup>545</sup> Sur Arnim H. Meyburg, voir : <http://www.cee.cornell.edu/people/em-profile.cfm?netid=ahm2> (1er décembre 2012). Les deux hommes signent ensemble plusieurs textes classiques dans la littérature de la modélisation des déplacements urbains dont les résultats de leurs cours à Northwestern et à Cornell : Peter R. Stopher et Arnim H. Meyburg, *Urban Transportation Modeling and Planning*, Lexington (Mass.), Lexington Books, 1975.

<sup>546</sup> Peter Stopher, *Lecture Notes of Urban Models, 1970/71*, Copyright P.R. Stopher 1970, 1973.

<sup>547</sup> C’est le cas de Daniel Brand, à l’époque professeur à Harvard qui entre en correspondance avec Stopher au tout début des années 1970 (j’ai eu accès à ces lettres lors d’un entretien avec l’auteur chez lui à Dartmouth (New Hampshire, juin 2012).

<sup>548</sup> Le modèle de Warner est présenté p. 80-83, alors que le ch. 7 expose les travaux des Lisco, Lave, Robert McGillivray (voir *infra*) (P. Stopher, *Lecture Notes of Urban Models, 1970/71, op. cit.*).

<sup>549</sup> Peter Stopher, *Transportation Analysis Methods*, Copyright P.R. Stopher 1971.

<sup>550</sup> Citons ici deux travaux de recherche réalisés lors du passage de Stopher à Cornell portant toujours sur la question du choix modal : Bruce Spear, *The Development of a Generalized Convenience Variable for Models of Mode Choice*, Ph.D. Dissertation, Cornell University, 1974; Gregory C. Nicolaïdis, *Quantification of the Comfort Variable. An Application of Multidimensional Scaling Techniques: Use in a binary Disaggregate Mode Choice Model*, Ph.D. dissertation, Cornell University, 1973. Un résumé de la thèse de Nicolaïdis se trouve dans Gregory C. Nicolaïdis “Quantification of the Comfort Variable”, *Transportation Research*, vol. 9, 1975, p. 55-66.

« Fred Burggraf Award » réservé aux chercheurs de moins de 35 ans<sup>551</sup>, et par un article-manifeste cosigné avec un autre pionnier de la nouvelle approche, Thomas Lisco, en 1970<sup>552</sup>.

Grâce à la présence de ces chercheurs, le « Transportation Center » et la région de Chicago s'érigent en bastions de la modélisation désagrégée. Presque en même temps toutefois, les deux autres grands pôles de recherche en matière de modélisation des déplacements urbains (ch. 2), la Californie et la région de Boston, avec Harvard et le MIT, se mettent aussi à cultiver la nouvelle approche.

Un an après que Lisco a soutenu sa thèse, un autre économiste, Charles Arthur Lave (1938-2008), qui peut se targuer d'avoir comme membre de son jury Kenneth Arrow, prix Nobel d'économie en 1972, soutient à son tour ses travaux de recherche, à « Stanford University »<sup>553</sup>, tout en reconnaissant l'apport de ses prédécesseurs sur le plan intellectuel du côté de Chicago, à savoir Stanley Warner et Thomas Lisco. Réalisée à l'occasion d'un projet de transports collectifs dans la région de San Francisco, le fameux BART (« Bay Area Rapid Transit System »), mais fondée sur les mêmes données que celles utilisées par Warner, la thèse « attempts to provide an answer to the (...) question : how responsive are commuters to changes in the characteristics of transportation systems ? How large a relative improvement is necessary to induce people onto transit and out of automobiles ? » (p. 4). Même philosophie dans la thèse de Robert Gordon McGillivray (né en 1938). Intitulée « Binary Choice of Transport Mode in the San Francisco Bay Area », elle est soutenue à l'« University of California », à Berkeley, en 1969<sup>554</sup> et est fondée sur une partie des données de l'« enquête

---

<sup>551</sup> Peter Stopher, « A Probability Model of Travel Mode Choice for the Work Journey », *Highway Research Record*, n° 283, 1969, p. 57-65. Sur ce prix, voir : <http://www.trb.org/AboutTRB/BurggrafAward.aspx> : 1er décembre 2012.

<sup>552</sup> Peter Stopher et Thomas Lisco, « Modelling Travel Demand: A Disaggregate Behavioural Approach – Issues and Applications », *Transportation Research Forum Proceedings*, 1970, p. 195-214.

<sup>553</sup> Charles A. Lave, *Modal Choice in Urban Transportation: a Behavioral Approach*, Ph.D. dissertation, Stanford University, 1968. Voir aussi: Charles A. Lave, « A Behavioural Approach to Modal Split forecasting », *Transportation Research*, vol. 3, 1969, p. 463-480. En 1969, Lave se trouve à l'« University of California at Irvine », au sein de la quelle il a fait sa carrière d'économiste des transports jusqu'à sa mort. Ses archives personnelles se trouvent déposées à cette université :

[http://www.oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/kt7k40363q/entire\\_text/](http://www.oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/kt7k40363q/entire_text/) : 5 mars 2013.

<sup>554</sup> Robert Gordon McGillivray, *Binary Choice of Transport Mode in the San Francisco Bay Area*, Ph.D. dissertation, Department of Economics, University of California, Berkeley, 1969. Diplômé de Washington State University, McGillivray a obtenu son Master de l'University of California en 1965. Les deux autres membres de son comité de thèse sont Michael Teitz et Andrei Rogers, tous les deux membres de l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering ». Un résumé de la thèse se trouve dans Robert Gordon McGillivray, « Binary Choice of Urban Transport Mode in the San Francisco Bay Region », *Econometrica*, vol. 40, n° 5, 1972, p. 827-848.

Origine-Destination » réalisée par le « Bay Area Transportation Study », à savoir l'organisme de planification de transports pour les neuf « counties » de la « San Francisco Bay Area ». Retenons que parmi les trois membres du jury de thèse, on peut lire le nom d'un certain Daniel McFadden (*infra*). Toujours en Californie et à la même époque, des chercheurs du « Stanford Research Institute » (SRI)<sup>555</sup> entreprennent également des recherches sur la valeur du temps, qui vont déboucher sur une série de modèles désagrégés. Contrairement aux autres travaux précités, les chercheurs du SRI essaient de donner une valeur monétaire au temps en analysant le comportement d'automobilistes ayant la possibilité de *choisir* entre une route avec péages et une route sans. Démarrées au début des années 1960, et intensifiées vers la fin de la décennie, ces recherches sont financées par le « Bureau of Public Roads », qui souhaitait disposer de valeurs de temps solidement établies afin de pouvoir évaluer les bénéfices que les usagers de l'« Interstate Highway System », alors en plein développement, pouvaient tirer des différents projets visant à diminuer le temps de trajet<sup>556</sup>.

Mais le lieu décisif pour le développement de la modélisation désagrégée en tant que pratique professionnelle sera probablement la ville de Cambridge dans l'Etat du Massachusetts. Là, à côté de Boston, s'opèrent des mariages productifs entre le monde des bureaux d'études et l'Académie.

En 1965, avec trois autres collaborateurs, Gerald Kraft, économiste diplômé de Harvard fonde à Cambridge la firme « Charles Rivers Associates » (CRA), un bureau d'études promis à un grand avenir – quinze ans plus tard, en 1980, la firme emploie une centaine de personnes, et en 2008, elle est forte de quelques six cent consultants, dont 128 avec un Ph.D., dispersés dans 21 bureaux à travers le monde<sup>557</sup>. Ayant étudié auprès de John Meyer (ch. 2), qui

---

<sup>555</sup> Sur cette institution, fondée en 1946, maintenant connue comme « SRI International », voir Donald Nielson, *A Heritage of Innovation : SRI's First Half Century*, Menlo Park (Ca.), SPI International, 2006; ainsi que le site de l'institution : <http://www.sri.com/> : 14 février 2013.

<sup>556</sup> Sur les premiers travaux de l'Institute, voir : Dan G. Haney, *The Value of Travel Time for Passenger Cars: A Preliminary Study, Prepared for Bureau of Public Roads*, U.S. Department of Commerce, Washington D.C., Stanford Research Institute, Menlo Park, California, January 1963 (pour un historique des études sur la valeur du temps depuis les années 1920, voir *ibid.*, p. 9-24) ; Dan G. Haney et al., *The Value of Time for Passenger Cars : Further Theory and Small-Scale Behavioral Studies, Prepared for Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce*, Washington DC., Stanford Research Institute, Menlo Park , California, September 1964; T.C. Thomas et G.I. Thompson (avec discussion), "The Value of Time for Commuting Motorists as a Function of Their Income Level and Amount of Time Saved", *Highway Research Record*, n° 314, p. 1-19.

<sup>557</sup> Voir : *Charles Rivers Associates Incorporated, 1965-1980*, brochure sans date et lieu d'édition ; <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1053706/000104746909001076/a2190531z10-k.htm> (consulté le 14 février 2013). Sur CRA aujourd'hui, voir : <http://www.crai.com/> : 14 février 2013.

parraine l'entreprise de son élève<sup>558</sup>, Kraft cultive des liens étroits avec le « microcosme » académique de la région, Harvard, bien sûr par l'intermédiaire de Meyer mais aussi le MIT, via le professeur Paul O. Roberts, du Département de génie civil, qui est aussi membre de CRA<sup>559</sup>. Kraft s'y connaît en transport car, avant de fonder son bureau d'études, il avait travaillé pour le compte de « Systems Analysis and Research Corporation » dans le cadre du « Northeast Corridor Project » ; il avait même produit un modèle d'inspiration économétrique qui, ayant une base comportementale, appartenait à la catégorie de modèles dite directs (ch. 2), pour prédire les déplacements interurbains entre Washington et Boston<sup>560</sup>. Apparemment personnage qui ne mâchait pas ses mots<sup>561</sup>, Kraft et ses collègues de « Charles Rivers Associates » (CRA) sont parmi les premiers à attaquer de front, au nom d'une approche désagrégée, la modélisation agrégée dominant la pratique à l'époque, dans un rapport datant de 1967 (le terme utilisé dans le rapport était « structural », mais le concept était le même) préparé pour le compte de l'un de plus grands bureaux d'études de l'époque, « Peat, Marwick, Livingston & Co » (ex-« Traffic Research Corporation » : ch. 2), alors impliqué dans un projet de péage dans la région de San Francisco<sup>562</sup>. En 1970, CRA devient le point de contact entre la côte « Ouest » et la côte « Est » en matière de modélisation des déplacements urbains. Suite à ce travail, CRA obtient un contrat de la « Federal Highway Administration » pour le développement d'un modèle désagrégé dans le champ des déplacements urbains<sup>563</sup>. Le chef du projet pour la firme est l'économiste Thomas A. Domencich<sup>564</sup>, auteur déjà de plusieurs travaux en matière de modélisation de transports<sup>565</sup>.

---

<sup>558</sup> Voir David Warsh, *Economic Principals: Masters and Mavericks of Modern Economics*, New York, Free Press, 1993, p. 143 et p. 145.

<sup>559</sup> Voir: Paul O. Roberts, Jr. et Donald N. Dewees, avec des contributions de Gerald Kraft et de Mahlon Straszheim, *Economic Analysis for Transport Choice*, A Charles River Associates Research Study, Lexington, Heath Lexington Books, 1971.

<sup>560</sup> Systems Analysis and Research Corporation, *Demand for Intercity Passenger Travel in the Washington-Boston Corridor*, Report submitted to the Office of the Under-Secretary of Commerce for Transportation, U.S., Department of Commerce, 1963 (Kraft est le principal auteur de la partie V du Rapport).

<sup>561</sup> Voir par exemple ses commentaires acerbes dans Gerald Kraft, « Discussion of Allen-Boyce Paper », *Papers in Regional Science*, vol. 32, 1974, p. 57-63.

<sup>562</sup> Charles Rivers Associates Incorporated, *Model of Urban Passenger Travel Demand in the San Francisco Metropolitan Area*, *op. cit.*; Gerald Kraft, « Discussion of Allen-Boyce Paper », *op. cit.*

<sup>563</sup> Le rapport final de cette recherche est rendu en mars 1972 : Charles River Associates Incorporated, *A Disaggregated Behavioral Model of Urban Travel Demand*, Prepared under Contract n° FH-11-7566, for Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, mars 1972.

<sup>564</sup> On trouve une brève notice biographique de Domencich sur le site :

<http://www.antarescapital.com/advisors.html> : 15 février 2013).

<sup>565</sup> T. A. Domencich, G. Kraft, J. Valette, « Estimation of Urban Passenger Travel Behavior: An Economic Demand Model », *Highway Research Record*, n° 238, 1968, p. 65-78.



Ce dernier demande alors l'aide de deux jeunes économistes du MIT, Peter A. Diamond (né en 1940)<sup>566</sup> et Robert E. Hall<sup>567</sup>, lesquels sollicitent un collègue de leur âge qui venait de Californie pour un séjour sabbatique à Cambridge: Daniel McFadden (né en 1937), futur prix Nobel de l'année 2000<sup>568</sup>. Physicien d'origine (University of Minnesota, 1957) mais Ph.D. en économie du même établissement en 1962<sup>569</sup> après avoir suivi le pluridisciplinaire « Behavioral Science Program » de l'université, McFadden est nommé, en 1968, professeur d'économie à Berkeley. Quand il débarque au MIT, il n'a publié aucun article scientifique dans le domaine des transports<sup>570</sup>. Mais le secteur ne lui est pas inconnu. Alors qu'il enseigne à Berkeley, il est contacté par une étudiante formée en sciences politiques : Phoebe Humphrey Cottingham<sup>571</sup>. Celle-ci travaille sur le fonctionnement des bureaucraties publiques, et son terrain d'enquête sont les règles de décision que la « California Division of Highways » avait appliquées lors de la planification du système autoroutier (sélection de projets) dans les « districts » de San Francisco et de Los Angeles durant la période 1958-1966<sup>572</sup>. Cottingham cherche des conseils sur la façon de traiter les matériaux réunis concernant les choix opérés par les ingénieurs de la Division. McFadden développe alors un modèle économétrique de choix probabiliste, basé sur la théorie de Robert Duncan Luce (1925-2012), un Ph.D. du MIT devenu psychologue, auteur du célèbre axiome qui porte son nom (« Luce's choice

---

<sup>566</sup> Un CV de Diamond (daté d'avril 2012) est téléchargeable au site : <http://economics.mit.edu/files/772> : 14 février 2013).

<sup>567</sup> Un CV de Hall (daté d'octobre 2012) est téléchargeable au site : <http://www.stanford.edu/~rehall/CV.pdf> (14 février 2013).

<sup>568</sup> Sauf mention explicite, les informations sur ce projet proviennent du récit donné par McFadden lui-même quelque trente ans plus tard : D. McFadden, « Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side – A 30 Years Retrospective », *op. cit.* ; ce récit est complété par une « autobiographie » de l'auteur, produite à l'occasion de la remise du prix Nobel en 2000

([http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economics/laureates/2000/mcfadden-autobio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/2000/mcfadden-autobio.html) : 14 février 2013). Voir aussi : Thomas A. Domencich et Daniel McFadden, *Urban Travel Demand : A Behavioral analysis*, *op. cit.*, « Preface ». Nous avons repérés quelques petites inexactitudes relatives aux dates de certaines publications, mais pour l'essentiel les informations contenues dans ces textes ne sont pas contredites par les autres sources d'information dont on dispose par ailleurs.

<sup>569</sup> Daniel Little McFadden, *Factor Substitution in the Economic Analysis of Production*, Ph.D. Dissertation, University of Minnesota, 1962.

<sup>570</sup> Voir la liste de publications dans son CV (daté de janvier 2011) : <http://emlab.berkeley.edu/users/mcfadden/dlmcv10.html> (14 février 2013).

<sup>571</sup> Phoebe Humphrey Cottingham, *Decision Rules in a Public Bureaucracy: An Examination of Highway Planning*, Ph.D. dissertation, University of California at Berkeley, mars 1969.

<sup>572</sup> Daniel McFadden, « The Revealed Preferences of a Government Bureaucracy : Theory », *The Bell Journal of Economics*, vol. 6, n° 2, 1975, p. 401-416 ; Daniel McFadden, « The Revealed Preferences of a Government Bureaucracy : Empirical Evidence », *The Bell Journal of Economics*, vol. 7, n° 1, 1976, p. 55-72.

axiom »)<sup>573</sup>. D'après cet « axiome », dans le cas d'un individu qui a à choisir entre différentes options selon une logique probabiliste – à chaque choix est associé une probabilité de réalisation –, si certaines options de choix sont enlevées de l'ensemble des alternatives disponibles, les probabilités relatives entre les options qui sont encore disponibles restent inchangées. Autrement dit, le choix d'une option parmi celles restées disponibles, formant ainsi un sous-ensemble de l'ensemble des alternatives initial, dépend uniquement de ce sous-ensemble et est indépendant des alternatives non incluses dans cet ensemble. On parle aussi de la « propriété d'indépendance des alternatives non pertinentes » (« Independence from Irrelevant Alternatives property (IIA) »)<sup>574</sup> – dans une version non probabiliste de choix, ce principe affirme que la préférence entre deux options est indépendante d'autres options, en d'autres termes si l'alternative « X » est préférée à « Y » en présence d'une troisième option « Z », « X » sera toujours préférée à « Y » en absence de « Z »<sup>575</sup>. Notons ici que cette propriété, très utile du point de vue computationnel mais pas toujours observée dans les situations réelles, va soulever une petite controverse au sein de la communauté des modélisateurs adeptes de l'approche désagrégée. Mais n'anticipons pas. En mobilisant Luce et sa « psychologie mathématique », McFadden va plus loin que la simple énonciation de son modèle de choix – qu'il nomme « conditional logit model » à cause de la forme logistique (ou courbe en « S ») qu'il prend dans le cas où les alternatives sont au nombre de deux. Il fabrique lui-même un programme informatique pour estimer les paramètres du modèle. Arrivé trop tard pour la thèse de Cottingham, le programme va néanmoins servir, et McFadden rédige en 1968 un « working paper »<sup>576</sup>, qu'il transforme plus tard en deux articles, parus en 1975 et 1976<sup>577</sup>.

---

<sup>573</sup> R.D. Luce, *Individual Choice Behavior. A Theoretical Analysis*, Wiley, New York, 1959.

<sup>574</sup> Dans leur (excellent) article de synthèse, André de Palma et Jacques-François Thisse, « Les modèles de choix discrets », *Annales d'Economie et de Statistique*, n° 9, 1987, p. 151-190, traduisent l'expression « IIA » par « Indépendance par rapport aux choix extérieurs » (p. 161). Patrick Bonnel dans sa thèse d'habilitation traduit par « propriété d'indépendance vis-à-vis des autres alternatives » (Patrick Bonnel, *Prévision de la demande de transport*, Rapport présenté en vue de l'obtention du diplôme HDR, Université Lumière Lyon 2, décembre 2001, p. 42).

<sup>575</sup> J'emploie ici la présentation qu'on trouve chez Moshe Emanuel Ben-Akiva, *Structure of Passenger Travel Demand Models*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1973, p. 102.

<sup>576</sup> Daniel McFadden, « The Revealed Preference of a Public Bureaucracy », Department of Economics, University of California-Berkeley, 1968, Technical report n° 17, Institute of International Studies, University of California at Berkeley, novembre 1968.

<sup>577</sup> Daniel McFadden, « The Revealed Preferences of a Government Bureaucracy : Theory », *op. cit.* ; Daniel McFadden, « The Revealed Preferences of a Government Bureaucracy : Empirical Evidence », *op. cit.*

McFadden est donc bien outillé *intellectuellement* mais aussi *matériellement* quand il décide de s'impliquer dans le projet mené par Thomas Domencich pour le compte de « Charles River Associates ». Le travail collectif mené par l'économiste du bureau d'études et son collègue universitaire va déboucher sur un rapport publié d'abord sous la couverture de « CRA » en 1972<sup>578</sup>, avant d'être transformé en livre cosigné par Domencich et McFadden en 1975<sup>579</sup>. Grâce à ce livre, l'approche désagrégée quitte l'univers de rapports de recherche plus ou moins confidentiels et le monde des revues spécialisées pour atteindre un large public, qui va faire la connaissance de la première formulation de la modélisation désagrégée telle qu'on la connaît aujourd'hui sous le nom des « modèles de choix discrets » (« discret-choice models »), basés sur la théorie (microéconomique) de la maximisation de l'utilité aléatoire (« Random Utility Maximimization (RUM) ») – aléatoire, car la fonction de l'utilité utilisée contient une partie « déterministe » et une partie « aléatoire », la dernière représentant tout ce qui n'est pas observable quand on examine le comportement d'un individu et scrute ses choix.

Mais alors que Domencich et McFadden travaillent sur leur projet, un autre acteur arrive sur la scène de la modélisation désagrégée, le MIT

En 1973 un certain Moshe Emanuel Ben-Akiva (né en 1944) soutient au MIT sa thèse de doctorat réalisée sous la direction de Marvin Manheim (ch. 2)<sup>580</sup>. Dans cette thèse, l'ancien élève du « Technion-Israel Institute of Technology », qui est arrivé au MIT en 1968, propose trois modèles portant sur le choix de destination et de mode lors des déplacements liés au « motif achat » (« shopping trip purposes »). Le premier, qui sera plébiscité à la fin de l'exercice comme étant à la fois le plus réaliste du point de vue comportemental et, malgré toutes les difficultés computationnelles, susceptible de déboucher sur des applications pratiques, explore un processus de décision « simultanée », les deux autres une structure de décision « séquentielle » (les choix du mode de transport utilisé et de la destination du déplacement se succèdent). Calibrés et testés avec des données provenant de l'« enquête ménages déplacements » pour la région métropolitaine de Washington en 1968 (p. 219), ces

---

<sup>578</sup> Charles River Associates Incorporated, *A Disaggregated Behavioral Model of Urban Travel Demand*, Prepared under Contract n° FH-11-7566, for Federal Highway Administration, *op. cit.*

<sup>579</sup> Thomas A. Domencich et Daniel McFadden, *Urban Travel Demand : A Behavioral Analysis* (A Charles River Associates Research Study), Amsterdam, North-Holland Publishing Company et New York, American Elsevier Publishing Company, 1975.

<sup>580</sup> Moshe Emanuel Ben-Akiva, *Structure of Passenger Travel Demand Models*, *op. cit.* La thèse contient une contre notice biographique de l'auteur (in *ibid.*, p. 267).

trois modèles partagent la même philosophie : ils sont tous désagrégés. Rien d'étonnant à cela. Ben Akiva connaît bien les travaux de « Charles Rivers Associates », firme pour laquelle il avait travaillé pendant l'année 1969. L'auteur remercie par ailleurs Gerald Kraft et Thomas Domencich ainsi que Daniel Brand, un ancien du MIT et de la « Traffic Research Corporation » et future recrue de « Charles River Associates » (1977), à l'époque enseignant à Harvard (1970-77) mais ami de longue date de Manheim<sup>581</sup> et promoteur aussi de la méthode désagrégée. Il y a plus encore. Parmi les personnes remerciées par Ben Akiva figurent aussi des doctorants dont les noms sont associés aujourd'hui à l'avènement de la modélisation désagrégée. Sous le regard tutélaire de Manheim, mais avec l'aide décisive du jeune Ben-Akiva, qui juste après la fin de son travail de thèse échange son statut d'étudiant contre celui d'enseignant, la machine « MIT » s'investit massivement dans le développement de la nouvelle approche. Deux ans après la soutenance du travail de Ben-Akiva, deux autres thèses sont défendues au MIT, toutes les deux dans le champ de la modélisation désagrégée. Steven Richard Lerman, pur produit de l'institution, obtient ainsi en juin 1975, sa thèse sur « A Behavioral Model of Urban Mobility Decisions ». L'auteur se penche sur la question des choix des ménages relatifs à leur localisation résidentielle, l'accès à la propriété automobile et au mode choisi pour se rendre au travail. Son modèle désagrégé, construit, comme le travail de Ben-Akiva, sur des données provenant de l'enquête de Washington, est utilisé par Lerman pour explorer l'impact potentiel d'une série de politiques de transports ayant comme but la réduction de l'usage de la voiture<sup>582</sup>. Frank Sanford Koppelman (né en 1937), « classmate » de Manheim au MIT, après avoir travaillé pendant plusieurs années pour le « Tri-State Regional Planning Commission » dans la région métropolitaine de New York, retourne à son *alma mater* au début des années 1970 pour redevenir étudiant. Il soutient sa thèse la même année que Lerman, après s'être attaqué à une question décisive du point de vue pratique. Par quelles procédures peut-on obtenir à partir d'une modélisation désagrégée, qui opère au niveau des individus et a comme sortie la probabilité selon laquelle une personne dotée de certaines caractéristiques effectue un choix particulier, des flux agrégés, résultant des choix probabilistes de nombreuses personnes, dont le planificateur a souvent besoin pour concevoir ses politiques de transport. Koppelman s'intéresse en particulier aux erreurs de prédiction qui sont introduites dans le processus de modélisation suite aux opérations

---

<sup>581</sup> Je m'appuie sur un CV de Daniel Brand, récupéré lors de mon entretien avec l'auteur, chez lui à Dartmouth (New Hampshire), en juin 2011.

<sup>582</sup> Steven Richard Lerman, *A Disaggregate Behavioral Model of Urban Mobility Decisions*, Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1975.

d'agrégation<sup>583</sup>. Toujours autour de l'institution, à la même époque mais dans un autre Département, celui d'Economie, Charles Frederick Manski (né en 1948) soutient sa thèse de doctorat sur « The Analysis of Qualitative Choice »<sup>584</sup>. Il n'y pas de transport dans ce travail d'économie mathématique, qui traite de la question de l'analyse (modélisation) du comportement rationnel individuel – qui d'après les économistes est celui qui maximise l'utilité tirée des choix opérés – alors que l'information dont dispose l'observateur est incomplète. L'auteur conclut que traiter la fonction d'utilité comme une fonction aléatoire (« random function ») conduit à des résultats satisfaisants. Manski applique ensuite ses considérations au problème du choix de l'université par les élèves de lycée, et propose des méthodes statistiques pour estimer les paramètres de la fonction (modèle) d'utilité ainsi définie. Echangez les collègues contre des moyens de transports, et la contribution de Manski devient une pièce centrale dans l'édifice en construction de modélisation désagrégée des déplacements urbains. L'auteur fait par ailleurs partie de la « famille » dès le départ. Après avoir aidé Ben-Akiva en lui « prêtant » le programme informatique pour l'estimation des paramètres des modèles développés dans sa thèse<sup>585</sup>, Manski va cosigner plusieurs articles avec des étudiants de Manheim, dont Ben-Akiva et Lerman<sup>586</sup>, et va contribuer à des ouvrages classiques sur la modélisation désagrégée dans le domaine des déplacements urbains pendant les années 1970<sup>587</sup>. Il va collaborer aussi avec McFadden, qu'il remerciait déjà dans sa thèse comme celui qui l'avait initié aux « probabilistic choice models » à l'époque où ce dernier était professeur invité au MIT (1970-71)<sup>588</sup>.

---

<sup>583</sup> Frank Sanford Koppelman, *Travel Prediction with Models of Individual Choice Behavior*, Ph.D., dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1975 (brève notice de Koppelman in *ibid.*, p. 330).

<sup>584</sup> Charles Frederick Manski, *The Analysis of Qualitative Choice*, Ph.D. dissertation, Department of Economics, Massachusetts Institute of Technology, juin 1973.

<sup>585</sup> Voir Moshe Emanuel Ben-Akiva, *Structure of Passenger Travel Demand Models*, *op. cit.*, p. 3. Le programme s'appelait «The Conditional Logit Program», et était écrit en FORTRAN (voir le CV de Charles F. Manski, daté de février 2013, p. 14 : [http://faculty.wcas.northwestern.edu/~cfm754/charles\\_manski\\_vita.pdf](http://faculty.wcas.northwestern.edu/~cfm754/charles_manski_vita.pdf) (15 février 2013)).

<sup>586</sup> Quelques exemples significatifs : Steven R. Lerman et Charles F. Manski, «Alternative Sampling Procedures for Disaggregate Choice Model Estimation», *Transportation Research Record*, n° 592, 1976, p. 24-28; Steven R. Lerman et Charles F. Manski, « Sample Design for Discrete Choice Analysis of Travel Behavior : the State of the Art », *Transportation Research Part A*, vol. 13A, 1979, p. 29-44; M. Ben-Akiva, Ch. Manski et L. Sherman, «A Behavioural Approach to Modeling Motor Vehicle Ownership and Applications to Aggregate Policy Analysis», *Environment and Planning*, vol. 13A, 1981, p. 399-411.

<sup>587</sup> Ch. Manski et R. Westin, « Theoretical and Conceptual Developments in Demand Modelling », dans D. Hensher et P. Stopher (éd.), *Behavioural Travel Modelling*, Londres, Croom-Helm, 1979; Ch. Manski, «Recent Advances in and New Directions for Behavioral Travel Modelling», dans P. Stopher, A. Meyburg et W. Brög (éd.), *New Horizons in Travel Behavior Research*, Lexington, Lexington Books, 1981.

<sup>588</sup> Charles Frederick Manski, *The Analysis of Qualitative Choice*, *op. cit.*, p. 4. Voir D. McFadden et Ch. Manski, «Alternative Estimators and Sample Designs for Discrete Choice Analysis», dans D. McFadden et Ch.

Après avoir soutenu leurs thèses, Ben-Akiva et Lerman vont rester au MIT comme membres du corps enseignant – Ben-Akiva l’est toujours, alors que Lerman va quitter l’institution en 2010 pour devenir « provost » de la George Washington University<sup>589</sup>. Très vite, ils vont mettre sur pied, au niveau « undergraduate » et surtout « graduate », un programme d’enseignement substantiel sur la modélisation désagrégée<sup>590</sup>. En août 1979, le centre de recherche auquel ils appartiennent, le « Center for Transportation Studies », démarre par ailleurs avec leur collaboration une série des cours d’été, destinés essentiellement à des professionnels, où la nouvelle approche est présentée<sup>591</sup>. Koppelman va quitter Cambridge en 1975 pour un poste d’« Associate Professor » dans un lieu qui a été pionnier du développement de la modélisation désagrégée, la « Northwestern University » ; tout en gardant des contacts avec ses camarades du MIT, qui vont lui rendre visite pour des conférences<sup>592</sup>, Koppelman restera fidèle à la nouvelle institution et va finir « Professor Emeritus », en enseignant ainsi à plusieurs générations d’étudiants les principes de la modélisation désagrégée<sup>593</sup>. McFadden retournera à Berkeley et va lancer au sein de l’« Institute of Transportation Studies » (ex-« Institute for Transportation and Traffic Engineering »), avec Antti Talvitie, ex-thésard de Peter Stopher et gagné aussi au début des années 1970 à la cause de la modélisation désagrégée<sup>594</sup>, un grand programme de recherche sur la modélisation désagrégée, qui va donner lieu, entre autres, à quatre thèses de doctorat soutenues entre 1976 et 1979<sup>595</sup>, dont celle de Kenneth Train (né en 1951)<sup>596</sup>. Enseignant à

---

Manski (éd.), *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1981, p. 2-50

<sup>589</sup> <http://web.mit.edu/newsoffice/2010/lerman-provost-gw.html> (15 février 2013).

<sup>590</sup> Voir par exemple : Massachusetts Institute of Technology, *Description of Transportation Course Offerings, 1978-79*, Prepared by Center for Transportation Studies, sans date, en particulier les cours : 1.202 : « Analysis of Transportation Demand (A) » ; cours 1.205 : « Advanced Travel Demand Modeling ».

<sup>591</sup> Voir Marvin L. Manheim, « Letter to the Editor – Transportation Programs at the Center for Transportation Studies, MIT », *Transportation Science*, vol. 13, n° 1, 1979, p. 80-81.

<sup>592</sup> Ainsi M. Ben-Akiva a donné, durant l’année universitaire 1984-85, une conférence sur les « Methods to Combine Data Sources for Survey Expansion and Estimation of Trip Tables » (Transportation Center Northwestern University, *Annual Report, 1984-85 Academic Year*, p. 18).

<sup>593</sup> [http://www.civil.northwestern.edu/docs/Koppelman/Frank\\_Koppelman\\_CV.pdf](http://www.civil.northwestern.edu/docs/Koppelman/Frank_Koppelman_CV.pdf) (15 février 2013). Le CV date d’Octobre 2007.

<sup>594</sup> A.P. Talvitie, *An Econometric Model for Downtown Work Trips*, Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Northwestern University, 1971; Antti Talvitie, “Behavioral Demand Modeling and Valuation of Travel Time: Structure of Disaggregate Models”, dans Peter Stopher et Armin H. Meyburg (éd.), *Behavioral Demand Modeling and Valuation of Travel Time*, Special Report n° 149, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1974, p. 36-38.

<sup>595</sup> Sur ce projet, voir par exemple : Daniel McFadden, Antti P. Talvitie, avec Stephen Cosslett, Ibrahim Hasan, Michael Johnson, Fred A. Reid, Kenneth Train, *The Urban Travel Demand Forecasting Project*, Phase I Final

Berkeley depuis 1979, auteur de logiciels de calibration pour modèles désagrégés et d'un livre sur les modèles des « choix discrets » – à sa seconde édition aujourd'hui, après avoir été salué comme « a masteful book », lequel « will appeal to the practitioner as much as to specialist researcher who has been in this field for many years »<sup>597</sup> – , Train va développer aussi un cours à distance sur la modélisation désagrégée, qualifié d'excellent par un modélisateur qui compte au sein de la communauté professionnel<sup>598</sup>. Toujours à Berkeley, Carlos Daganzo, qui venait de faire le trajet « MIT » – « University of California », introduisait à l'automne 1978 un cours de modélisation désagrégée, intitulé « Advanced Topics in Transportation Theory » pour des candidats au doctorat inscrits dans plusieurs Départements de l'université, du Génie civil à celui de l'Economie, en passant par le Département de recherche opérationnelle. L'auteur signe aussi un ouvrage entièrement consacré à une variété particulière de la modélisation désagrégée (« modèle Probit multinomial »)<sup>599</sup>.

Ces exemples, concernant trois grands pôles de recherche et d'enseignement en matière de modélisation des déplacements urbains aux Etats-Unis depuis les années 1960, suffisent à illustrer le fait que les années 1970 consacrent l'approche désagrégée au sein de l'institution universitaire comme un champ de recherche particulièrement dynamique. Pour renforcer encore cette affirmation, apportons-nous deux preuves supplémentaires de l'engouement pour la nouvelle approche. Dans un article qui fait le bilan sur l'état de l'art en matière de modélisation des déplacements urbains, publié en 1983, Steven Lerman commente pas moins d'une centaine de publications marquantes parues dans les années 1970, et dont la plupart

---

Report Series, vol. V : “Demand Model Estimation and Validation”, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley and Irvine, juin 1977 ; et surtout : Daniel McFadden, Fred A. Reid, Antti P. Talvitie, Michael Johnson and Associates, *The Urban Travel Demand Forecasting Project*, Final Report Series, vol. I : “Overview and Summary: Urban Travel Demand Forecasting Project”, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, juin 1979 (p. A-2, pour les thèses de doctorat).

<sup>596</sup> Kenneth Train, *Auto Ownership and Mode Choice within Households*, Ph.D. dissertation, Department of Economics, University of California at Berkeley, 1977; voir aussi la (très riche) page personnelle de l'auteur à l'adresse : <http://elsa.berkeley.edu/~train/> (16 février 2013).

<sup>597</sup> Kenneth E. Train, *Discret Choice Methods with Simulation*, Cambridge, Cambridge University Press, 2009 (1re éd. : 2003). La citation sur le livre est signée par David Hensher.

<sup>598</sup> Rick Donnelly, “Lifelong Education as a Necessary Foundation for Success in Travel Modeling”, dans Transportation Research Board, *Innovations in Travel Demand Modeling*, Summary of a Conference, may 21-23, 2006, Austin, Texas, Conference Proceedings 42, vol. 2 : “Papers”, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2008, p. 121-123 (p. 122).

<sup>599</sup> Carlos Daganzo, *Multinomial Probit : The Theory and its Application to Demand Forecasting*, New York, Academic Press, 1979, “Preface”.

concernent la modélisation désagrégée<sup>600</sup>. Et quand quelques soixante-dix chercheurs, représentant la fine fleur des universitaires américains dans le domaine des transports et leur modélisation, se réunissent au « James L. Allen Center » de la « Northwestern University », en mars 1985, pour dresser collectivement une carte de l'existant et penser à l'avenir de la recherche dans leur domaine, la question de la modélisation désagrégée est au cœur de l'un de leurs « workshops »<sup>601</sup>.

Décidemment, dans les années 1970 et la première moitié de la décennie suivante, la modélisation désagrégée présente toute une série de caractéristiques que des philosophes et historiens des sciences, tels que Thomas Kuhn (avec ses « paradigmes ») ou Imre Lakatos, (avec ses « programmes de recherche »)<sup>602</sup>, attribuent à des disciplines scientifiques en voie de constitution avancée. Les tenants de la modélisation désagrégée forment, en effet, une communauté soudée dont les membres ont décidé de travailler sur la base d'un « paradigme » commun, basé sur la figure de l'individu ou du ménage qui cherche à maximiser sa « fonction d'utilité ». Ce consensus autour d'un noyau dur d'hypothèses communes ouvre tout un espace à explorer. Alors que les premiers modèles désagrégés portaient uniquement sur la question du choix modal, petit à petit la même démarche est appliquée aux problèmes du choix de destination, de l'achat d'une voiture, du temps de départ, de la fréquence des déplacements entrepris, du lieu du domicile et du travail. Les membres de la communauté vont également s'attaquer à une série des questions « techniques » : quelle structure exacte donner au modèle, et quelles sont les propriétés des différentes structures envisagées ? Comment estimer de façon efficace les paramètres du modèle (c'est la question de la calibration) ? Qu'est-ce qu'une bonne enquête de recueil de données pour ce type de modélisation (taille d'échantillon, types d'information) ? La communauté des principes de base fait qu'on peut se payer même le luxe de quelques controverses, comme celle qui oppose les tenants de la variante « logit » – plus avantageuse sur le plan computationnel mais susceptible, dans

---

<sup>600</sup> Steven R. Lerman, « Mathematical Models of Travel Demand : A State-of-the Art Review », dans Transportation Research Board, *Travel Analysis Methods for the 1980's*, *op. cit.*, p. 114-127.

<sup>601</sup> Le rapport « ressource » pour l'atelier de travail intitulé : « Fundamental Research on Travel and Location Behavior », avait été rédigé par un adepte de la modélisation désagrégée : Joel L. Horowitz, « Travel and Location Behavior : State of the Art and Research Opportunities », *Transportation Research Part A*, vol. 19A, n° 5/6, 1985, p. 441-453. Le rapport a été commenté par trois collègues de Horowitz, alors que les membres du « workshop » avaient aussi produit un court rapport. Tous ces textes sont publiés dans le même numéro de la revue *Transportation Research* qui avait accueilli la contribution de Horowitz.

<sup>602</sup> Thomas Kuhn, *Structures des révolutions scientifiques* (1962), Paris, Flammarion, 1987 ; Imre Lakatos, *Histoire et méthodologie des sciences : programmes de recherche et reconstruction rationnelle*, Paris, PUF, 1994



certain contextes, de conduire, à cause du postulat de l' « indépendance des alternatives non-pertinentes » qu'il endosse, à des résultats contre-intuitifs, illustrés dans la littérature par le fameux paradoxe du « bus bleu et du bus rouge »<sup>603</sup> – et les partisans du modèle « probit », plus difficile à manier mais aussi plus général. Horowitz, quant à lui trouve que l'école du MIT se comporte de façon parfois dogmatique et que, par exemple, la « MIT's decision to model certain choices simultaneously is just as arbitrary as CRA's decision to model the same choices sequentially »<sup>604</sup>. On n'hésite pas donc à se quereller, tout en essayant d'améliorer sa « structure » préférée – les tenants du modèle « logit » vont développer une variante nommée « emboîtée ou hiérarchique » (« nested » en anglais), qui pallie en partie les inconvénients causés par le principe de l'indépendance des alternatives non-pertinentes<sup>605</sup>. Mais quand on est attaqué de l' « extérieur », par des « adversaires » qui trouvent par exemple que les limites imposées par l'idée de la maximisation de l'utilité sont trop importantes et conduisent à une modélisation peu pertinente (ch. 7), on fait front commun. Vers le milieu des années 1980, le champ est suffisamment stabilisé pour que la modélisation désagrégée se dote de son manuel de référence, signé par deux pionniers de l'approche : Moshe Ben-Akiva et Steven Lerman, qui publient « Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand » en 1985 dans une série dirigée au MIT par leur mentor, Marvin Manheim<sup>606</sup>. Si les auteurs ont mis apparemment beaucoup de temps pour écrire leur ouvrage – leur proposition est expertisée par les presses du MIT en février 1979<sup>607</sup> –, la postérité va récompenser leurs efforts. Le livre, pour lequel l'un des spécialistes de la modélisation désagrégée de l'époque, Joel L. Horowitz,

---

<sup>603</sup> Supposons que l'on soit en présence de deux modes de transport, voiture et bus (peint en bleu), et que l'utilité de chaque mode est identique : la probabilité de choisir chaque mode est donc égale à 0,5 (et le rapport des probabilités relatives est égale à l'unité). Par un éclair de génie, l'opérateur du réseau de bus décide de peindre la moitié des bus en rouge. Suite à cela, on est en présence de trois modes disponibles : voiture, bus bleu et bus rouge. Comme d'après le principe de l'indépendance des alternatives non pertinentes le ratio des probabilités relatives concernant la voiture et le bus bleu doit rester stable (égal à l'unité), et, en même temps les probabilités d'opter pour le bus rouge et le bus bleu sont identiques (les deux catégories des bus ont la même utilité, la couleur étant un attribut qui n'intervient pas dans la fonction d'utilité), le modèle prévoit que la probabilité d'opter pour la voiture est égale à un tiers, prédiction contre-intuitive (et fautive).

<sup>604</sup> Lettre de Joel Horowitz à Charles Hedges, datée du 21 mars 1977 (Archives personnelles de Marvin Manheim : Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 6, Folder 17).

<sup>605</sup> Sur cette controverse, voir les comptes rendus du livre de Carlos Daganzo, *Multinomial Probit : The Theory and its Application to Demand Forecasting*, *op. cit.* par Richard B. Westin, paru dans *Transportation Research Part A*, vol. 15A, n°1, 1981, p. 108-110, et par Joel L. Horowitz, paru dans *Transportation Science*, vol. 15, n° 4, 1981, p. 379-381 ; ainsi que les textes de synthèse de Steven Lerman, « Mathematical Models of Travel Demand : A State-of-the Art Review », *op. cit.*, et de Joel L. Horowitz, « Travel and Location Behavior : State of the Art and Research Opportunities », *op. cit.*

<sup>606</sup> Moshe Ben-Akiva et Steven R. Lerman, *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1985.

<sup>607</sup> Voir la lettre de Frank Satlow à Marvin Manheim, datée du 5 février 1979 (Archives personnelles de Marvin Manheim : Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 1, Folder 9).

va écrire à la fin de son compte rendu que « If you are looking for an up-to-date and genuinely useful text or reference on random utility modeling, the message is clear : buy this book »<sup>608</sup>, a acquis, en effet, le statut de classique.

Tout donc va bien dans le meilleur des mondes pour la modélisation désagrégée. Pas tout à fait. Le même Lerman qui se félicitait du dynamisme dont bénéficiait la nouvelle approche au sein du monde académique remarquait à la fin de son article de 1983 que les usagers potentiels de la nouvelle approche risquent de « find recent resultats increasingly arcane »<sup>609</sup>. Un autre universitaire Joel Horowitz croit certes aux effets bénéfiques des dernières améliorations apportées par la recherche au sujet de la modélisation désagrégée mais son optimisme est conditionné, en partie du moins, par le développement encore à venir des logiciels permettant une mise en œuvre facile de cette nouvelle technique<sup>610</sup>. Un autre pionnier de la modélisation désagrégée, David T. Hartgen<sup>611</sup>, titulaire également d'un Ph.D. mais qui, évoluait à l'époque en dehors du monde académique en tant qu'« analyste » au « New York State Department of Transportation », dresse quant à lui le constat d'un écart trop grand entre l'état de la théorie et l'état de la pratique, en rapportant que « Although newer methods offer significant advantages over conventional methods, criticism of newer methods is widespread. Most practitioners view them as excessively mathematical and/or theoretical, cumbersome and jargon-bound, poorly packaged and disseminated, difficult to understand in lay terms, of uncertain precision and accuracy, and of questionable relevance to the practicing profession. Few real-world tests have been made of the value of many procedures, and thus their increased usefulness over existing or more traditional techniques is not clear. (...) In the view of practicing planners, these problems outweigh the advantages of the methods »<sup>612</sup>. Et à

---

<sup>608</sup> Le compte rendu est paru dans *Transportation Science*, vol. 20, n° 4, novembre 1986, p. 290-291 (p. 291, pour la citation). Sur Joel L. Horowitz, actuellement professeur d'économie à « Northwestern University », voir son CV daté de juillet 2012 (<http://faculty.wcas.northwestern.edu/~jlh951/vita.pdf> (16 février 2013)).

<sup>609</sup> S. Lerman, « Mathematical Models of Travel Demand : A State-of-the Art Review », *op. cit.*, p. 124.

<sup>610</sup> J. L. Horowitz, « Evaluation of Discrete-Choice Random-Utility Models as Practical Tools of Transportation Systems Analysis », *op. cit.*, p. 134.

<sup>611</sup> Sur la carrière de Hartgen, qui va finir par entrer aussi dans le monde académique entre 1989 et 2006 en tant que professeur à l'« University of North Carolina at Charlotte », avant de fonder son groupe « The Hartgen Group » en 2007, voir son CV daté de janvier 2009 : [http://hartgengroup.net/Other/Vita\\_David\\_Hartgen.pdf](http://hartgengroup.net/Other/Vita_David_Hartgen.pdf) (16 février 2013). Pour l'une de premières contributions de Hartgen au domaine émergent de la modélisation désagrégée, voir : David T. Hartgen et George H. Tanner, « Individual Attitudes and Family Activities: A Behavioral Model of Traveler Mode Choice », *High Speed Ground Transportation Journal*, vol. 4, n° 3, 1970, p. 439-467.

<sup>612</sup> David T. Hartgen, « Executive Summary », dans Transportation Research Board, *Travel Analysis Methods for the 1980's*, *op. cit.*, p. 3-4.

l'auteur de proposer une explication de nature sociologique de ce hiatus entre les avancées théoriques, grosses de potentialités pratiques, et leur réception par les praticiens de la modélisation : « Middle-management training in these methods has not kept pace with the research in methods development. Support for training, dissemination, and implementation of methods has focused on entry-level professionals rather on key middle managers, who make decisions on what methods to use. These problems are often compounded by poorly packaged and disseminated findings, tendency of results to be published in limited-circulation sources; and failure to demonstrate the practical value of the results to middle management. In some cases, the small case of the proposal may not justify the use of advanced analysis tools in the practicing profession is limited. Willingness of agencies and personnel to undertake retraining is also essential »<sup>613</sup>.

Si nous avons reproduit ce passage, c'est que Hartgen, contrairement à Lerman et à Horowitz, ne parle pas qu'en son nom propre : il résume les conclusions d'une rencontre à laquelle ont participé quelque soixante-quinze experts, venant de différents niveaux du gouvernement américain (fédéral, étatique, local), du monde des bureaux d'études et de l'académie, qui se sont réunis à Easton (Maryland) entre les 3 et 7 Octobre 1982 pour débattre du sujet des besoins en matière de modélisation des déplacements urbains pour les années 1980<sup>614</sup>.

Au vu des informations dont on dispose, la radiographie proposée par Hargten semble pertinente : l'écart entre les potentialités de la nouvelle approche désagrégée et les quelques applications, dont certaines datent du tout début des années 1970<sup>615</sup>, semble en effet très grand au début des années 1980. Mais il va finir par se rétrécir, et la modélisation désagrégée, dans sa variante « logit » va devenir le modèle standard des agences de planification aux Etats-Unis pour l'étape de choix modal. L'introduction progressive de la modélisation désagrégée dans

---

<sup>613</sup> *Ibid.*, p. 4.

<sup>614</sup> Transportation Research Board, *Travel Analysis Methods for the 1980's*, *op. cit.*

<sup>615</sup> Ces applications sont le fait du bureau d'études « Peat, Marwick, Mitchell&Co », ex-« Traffic Research Corporation », à savoir l'une des firmes les plus productives dans le champ de la modélisation des déplacements urbains dans les années 1960 (voir le ch. 2 de ce document). Voir : Paul R. Rassam, Raymond H. Ellis et John C. Bennet, *The N-Dimensional Logit Model: Development and Application*, Washington, D.C., Peat, Marwick, Mitchell&Co, 1970; Paul R. Rassam, Raymond H. Ellis et John C. Bennet, "The N-Dimensional Logit Model: Development and Application", *Highway Research Record*, n° 369, 1971, p. 135-147; Peat, Marwick, Mitchell&Co, *Implementation of the N-Dimensional Logit Model*, Final Report to the Comprehensive Planning Organization, San Diego County, California, mai 1972. On trouve une présentation des différentes applications de la méthode désagrégée aux Etats-Unis dans les années 1970 dans le rapport suivant : W.B. Tye, L. Sherman, M. Kinnucan, D. Nelson, et T. Tardiff, *Application of Disaggregate Travel Demand Models*, NCHRP Report n° 253, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1982.

les cursus universitaires, d'abord dans un petit nombre d'établissements d'élite (supra) mais progressivement aussi dans un nombre croissant d'institutions<sup>616</sup>, va finir par produire des effets. Mais il y a plus, divers acteurs travaillant à l'incorporation de la nouvelle approche dans le monde de la pratique. Certains nous sont familiers : c'est le cas de la « Federal Highway Administration » et, surtout, l'« Urban Mass Transportation Administration », son pendant pour les transports collectifs au sein du « Department of Transportation ». Ces deux administrations fédérales vont soutenir financièrement à la fois le développement des nouvelles méthodes et leur diffusion auprès des praticiens. D'autres acteurs sont beaucoup plus originaux : c'est le cas, à l'instar de « Charles River Associates », d'une série de bureaux d'études et de firmes de production de logiciels entretenant des rapports étroits, parfois consanguins avec l'Académie : le théoricien et le praticien ne feront alors ici qu'un.

Notre récit du développement de la méthode désagrégée a été centré jusqu'à présent sur le monde académique, et pour cause : comme nous l'avons vu, les chercheurs ont joué un rôle déterminant dans le développement de la nouvelle approche. Mais force est de constater que cet investissement massif de l'univers de la recherche est soutenu par une manne financière qui émane des pouvoirs publics. Nous avons vu que les travaux du « Stanford Research Institute » sur la valeur du temps avaient été financés par le « Bureau of Public Roadas », alors que la collaboration de McFadden avec « Charles River Associates » est scellée dans le cadre d'un contrat entre la firme et la « Federal Highway Administration ». De même, le travail effectué au MIT, débouchant sur plusieurs thèses de doctorat, est largement financé par l'administration fédérale<sup>617</sup>, qui va soutenir aussi dans la première moitié des années 1970 plusieurs travaux de Stopher et de Watson en matière de modélisation désagrégée au sein du « Transportation Center » de la « Northwestern University »<sup>618</sup>. Mais, outre le soutien

---

<sup>616</sup> Pour les années 1987 et 1988, voir les informations que l'on peut glaner dans le document publié par l'Institute of Transportation Engineers (ITE), *Undergraduate and Graduate Transportation Programs Directory*, Washington, D.C., ITE, 1988.

<sup>617</sup> Voir par exemple les remerciements des auteurs dans la préface de leurs thèses. Pour une analyse fine de ces financements, on peut consulter les rapports annuels « Research and Development » des deux administrations les plus concernées, à savoir la « Federal Highway Administration » et l'« Urban Mass Transportation Administration ».

<sup>618</sup> Voir par exemple : Peter R. Stopher, Peter L. Watson, Jean M. Blin, *Interim Report on a Method for Assessing Pricing and Structural Changes on Transport Mode Use*, An Interim Report to Office of University Research, Office of the Secretary, U.S. Department of Transportation, Evanston (IL.), Transportation Center at the Northwestern University, septembre 1974; Peter Stopher (Principal Investigator), *A Method for Understanding and Predicting Destination Choices*, prepared for U.S. Department of Transportation, Research&Special Programs Administration, Office of University Research, Washington, D.C, Final Report, décembre 1979.

financier, l'administration favorisera le développement et surtout la diffusion de la nouvelle approche par une série d'autres mesures.

La première est l'organisation, ou le soutien à ce type de manifestation, de rencontres réunissant des académiques et des professionnels, comme la manifestation qui a eu lieu dans le Maryland en 1982 (*supra*). Celle-ci prend place dans une série d'événements similaires dont le premier en date a eu lieu dix ans plus tôt, à « Williamsburg » en Virginie entre les 3 et 7 décembre 1972<sup>619</sup>. Organisée par la « Highway Research Board » mais paraînée par plusieurs administrations du « Department of Transportation », la « Federal Highway Administration » et l' « Urban Mass Transportation Administration » en premier lieu, la rencontre, consacrée pour l'essentiel à la nouvelle modélisation désagrégée, attire environ quatre-vingt personnes, dont plus que la moitié appartiennent au monde professionnel<sup>620</sup>. La conférence est un succès : tout ce qui compte à la fois dans le monde de la recherche et dans l'univers des bureaux d'études spécialisés dans la modélisation des déplacements urbains est présent à cette rencontre, dont les actes seront publiés, en 1973, sous la direction de deux universitaires, Daniel Brand (Harvard) et Marvin Manheim (MIT)<sup>621</sup>.

La conférence de Williamsburg fera des émules. En effet, à peine sept mois plus tard, entre les 9 et 13 juillet 1973, différents participants à la manifestation se retrouvent de nouveau, à « South Berwick » dans le Maine cette fois. Ils seront une cinquantaine de personnes, avec une légère majorité d'universitaires et de chercheurs cette fois<sup>622</sup>. La nouvelle conférence, paraînée toujours par le « Department of Transportation » et la « Highway Research Board » (HRB), est organisée par la « Value of Time Task Force », groupe de travail au sein du HRB, créé en 1971 et présidé par Peter Stopher. Au moment de la publication des actes de la conférence en 1974, la « Task Force » avait vu son statut rehaussé puisqu'elle était devenue le « Committee on Travel Behavior and Values » (1974) et s'était installée à côté des autres

---

<sup>619</sup> Daniel Brand et Marvin L. Manheim (éd.), *Urban Travel Demand Forecasting*, Special Report n° 143, Washington, D.C, Highway Research Board, 1973.

<sup>620</sup> Nos calculs à partir de la liste des participants, in *ibid.*, p. 313-315. Vu le sujet central de la conférence, rien d'étonnant à ce qu'on trouve parmi les participants des représentants du seul bureau d'études, à part « Charles River Associates », à avoir pratiqué à l'époque la modélisation désagrégée, à savoir « Peat, Marwick, Mitchell&Co ».

<sup>621</sup> D. Brand et M. L. Manheim (éd.), *Urban Travel Demand Forecasting*, *op. cit.*

<sup>622</sup> Nos calculs à partir de la liste des participants trouvée à la fin des actes de la conférence : Peter Stopher and Armin H. Meyburg (éd.), *Behavioral Demand Modeling and Valuation of Travel Time*, Special Report n° 149, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1974, p. 233-234.

comités du « Transportation Research Board » – c’est la nouvelle appellation du « Highway Transportation Board » après 1974. Dirigé par deux pionniers de la modélisation désagrégée, Peter Stopher jusqu’en 1977 et par David Hartgen pour les cinq années suivantes<sup>623</sup>, accueillant en son sein plusieurs partisans de cette approche, dont Frank Koppelman, Gerald Kraft, Thomas Lisco, et Antti Talvitie, le « Committee on Travel Behavior and Values » va jouer un rôle très important dans la diffusion de la modélisation désagrégée auprès des praticiens. Il va organiser notamment, dans le cadre des rencontres annuelles du « Transportation Research Board » (nouvelle appellation du « Highway Research Board » après 1974) – qui reste la grand « messe » annuelle des modélisateurs des déplacements urbains, qu’ils soient académiques ou professionnels –, des sessions consacrées aux différents aspects de la nouvelle approche, tout en publiant les contributions les plus marquantes présentées lors de ces sessions dans l’organe officiel du « TRB », la revue *Transportation Research Record* (TRR)<sup>624</sup>. Celle-ci, malgré la concurrence des diverses revues académiques qui se multiplient à partir de la fin des années 1960 (ch. 2), est toujours la lecture préférée de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains<sup>625</sup>. Le Comité va continuer par ailleurs à promouvoir, dans les années 1970 et 1980, sur le modèle des conférences de Williamsburg et de South Berwick, la modélisation désagrégée à travers des manifestations internationales triennales (à partir de 1975) qui resteront des lieux de rencontre privilégiés entre le monde académique et l’univers professionnel<sup>626</sup>.

Toutes ces rencontres, auxquelles on devrait ajouter celle organisée par l’« Office of University Research » du ministère des Transports américain à Daytona Beach à Floride du 5 au 9 décembre 1976, et durant laquelle des pionniers de la modélisation désagrégée triés sur le

---

<sup>623</sup> Sur une histoire du « Committee on Travel Behavior and Values », voir notamment

<http://depts.washington.edu/trbadb10/history.htm> (18 février 2013).

<sup>624</sup> Pour la première manifestation de ce type d’action du Comité, voir le dossier : « Travel Behavior and Values », paru dans *Transportation Research Record*, n° 534, 1975. Le numéro comprend six articles portant sur la modélisation désagrégée, dont un signé par McFadden. Le numéro est préfacé par Peter Stopher.

<sup>625</sup> Voir les résultats de l’enquête réalisée par Gerald S. Cohen, Frank McEvoy et David Hartgen, « Who Reads the Transportation Planning Literature », *Transportation Research Record*, n° 793, 1981, p. 33-40.

<sup>626</sup> Voici la liste des dates et des lieux de ces rencontres jusqu’en 1985: Asheville (Caroline du Nord), 1975 ; Melbourne, 1977 ; Grainau (Allemagne), 1979 ; Easton (Maryland), 1982 ; Noordwijk (Pays-Bas), 1985). Pour une présentation synthétique de ces rencontres (thématiques abordées, composition du public...), voir Ruyichi Kitamura, « ‘Behavioural Research for Transport Policy, VNU Science Press, Utrecht, The Netherlands, 1985, p. 490’ (compte rendu de) », *Transportation Science*, vol. 21, n° 3, 1987, p. 218-22. A partir de 1985 et jusqu’à aujourd’hui, ces rencontres seront organisées par l’« International Association for Travel Behaviour Research (IATBR) », établie en avril 1985. Pour les lieux, les dates et les actes issus de ces rencontres, de 1973 à 2012, voir : <http://iatbr.weebly.com/iatbr-conferencesbooks.html> (19 février 2012).

volet – on y trouve McFadden, Ben-Akiva, Stopher, Koppelman et Lerman, par exemple – expliquent, au sein d'ateliers de travail notamment, aux praticiens les mérites de la nouvelle méthode et comment la mettre en pratique<sup>627</sup>, ont beaucoup fait pour exporter la modélisation désagrégée de cercles universitaires vers des cercles de plus en plus larges de modélisateurs professionnels. Elles ne seront pas les seuls portes, loin de là, faisant entrer massivement la modélisation désagrégée dans la sphère de la pratique.

En 1977, la « Federal Highway Administration » publie un manuel entièrement consacré à la modélisation désagrégée, signé par un ancien élève de Stopher, Albert Spear<sup>628</sup>. Conçu pour être utilisé par le professionnel, le manuel comprend une partie théorique réduite au strict minimum (le 2<sup>e</sup> chapitre), et s'étale, en revanche, beaucoup plus sur les applications pratiques qu'a connues cette approche jusqu'au moment de rédaction du document, six cas au total étant alors présentés. La formule « manuel » apparemment plaît car quelques années plus tard, la « Federal Transit Administration » (ex-« Urban Mass Transportation Administration ») sponsorise un autre document à destination de professionnels et servant de support à un cours d'auto-instruction (« self-instructing course ») consacré à la modélisation désagrégée<sup>629</sup>. Cosigné par trois universitaires spécialistes de la nouvelle approche, auteurs de travaux hautement mathématisés, Joel Horowitz, Frank Koppelman et Steven Lerman, le cours n'exige, aux dires des auteurs, du professionnel redevenu étudiant que des notions mathématiques acquises au lycée. Le cours répond apparemment à une vraie demande, qui augmente au fur et à mesure que la modélisation désagrégée se banalise en tant qu'outil pratique : vingt ans plus tard, Koppelman, reprendra la plume pour produire, avec l'aide de son élève Chandra Bhat (ch. 7) une version actualisée, bien plus exigeante d'ailleurs en termes d'efforts d'assimilation<sup>630</sup>. Mais restons aux années 1970.

---

<sup>627</sup> William F. Brown (éd.), *Emerging Transportation Planning Methods*, *op. cit.*

<sup>628</sup> Albert Spear, *Applications of New Travel Demand Forecasting Techniques to Transportation Planning : A Study of Individual Choice Models*, Washington D.C., Urban Planning Division, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, mars 1977

<sup>629</sup> Joel L. Horowitz, Frank S. Koppelman, Steven R. Lerman, *A Self-instructing Course in Disaggregate Mode Choice Modeling*, Prepared for University Research and Training Program, Urban Mass Transportation Administration (now Federal Transit Administration), Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, décembre 1986.

<sup>630</sup> Frank S. Koppelman, Chandra Bhat, with technical support from Vaneet Sethi, Sriram Subramanian, Vincent Bernardin and Jian Zhang, *A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling : Multinomial and Nested Logit Models*, Prepared for Federal Transit Administration, U.S. Department of Transportation, January, 31, 2006 ; Modified June 30, 2006.

Financement de la recherche, organisation de manifestations, rédaction de manuels et conception de cours d'auto-instruction : une autre action qui va peser pour beaucoup dans l'adoption de la modélisation désagrégée est le développement de logiciels facilitant la mise en œuvre de la nouvelle approche. A l'instar des modèles développés dans les années 1950 et 1960 dans le cadre de la modélisation agrégée (modèle gravitaire, les différents modèles d'affectation...) (ch. 2 et ch. 4), la modélisation désagrégée sera à son tour dotée de ses logiciels (de calibration, de test, etc.). Le logiciel à coup sûr le plus efficace et le plus diffusé répond au nom d'ULOGIT. Il fait partie d'une bibliothèque de programmes informatiques que la « Planning Methodology and Technical Support Division »<sup>631</sup> de l'« Urban Mass Transportation Administration » (UMTA), développe dans les années 1970, connue sous le sigle de « Urban Transportation Planning System » (UTPS)<sup>632</sup>, pour l'« IBM system/360-370 », dans l'objectif (accompli) de couvrir tous les aspects de la modélisation à quatre étapes à la fois pour les voitures privées et les transports collectifs<sup>633</sup>. C'est Robert Dial, qui avait quitté le bureau d'études fondé par Alan Voorhees (ch. 2) pour entrer, en 1971, dans l'Administration fédérale, qui dirige l'opération UTPS. Sous la férule de Dial, la bibliothèque informatique de l'UMTA croît et se perfectionne dans les années 1970, grâce aux commandes passées par le directeur de l'opération à plusieurs acteurs du champ de la modélisation des déplacements urbains, comme le MIT ou des acteurs émanant du monde des grands bureaux d'études de l'époque<sup>634</sup>. La modélisation désagrégée est représentée au sein de l'UTPS par ULOGIT. Celui-ci permet la calibration (estimation des paramètres) d'un modèle désagrégé de la forme « Logit multinomial », selon la méthode statistique dite du « maximum de vraisemblance ». ULOGIT est essentiellement le produit d'un mathématicien doué, Christoph Johann Witzgall (né en 1929)<sup>635</sup>, à l'époque chercheur au « National Bureau of Standards »<sup>636</sup>.

<sup>631</sup> La Division a changé d'appellation à plusieurs reprises.

<sup>632</sup> Dans un premier temps, le sigle UTPS signifie : « Umta Transportation Planning System, Umta étant, à son tour, le sigle de la "Urban Mass Transportation Administration" ».

<sup>633</sup> Pour une description détaillée de UTPS, voir notamment: Planning Methodology and Technical Support Division, Office of Transit Planning, Urban Mass Transportation Administration, *UTPS Reference Manual*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 1er juin 1975.

<sup>634</sup> Sur la conception et l'évolution d'UTPS, vues par le directeur de l'opération, voir Robert Dial, « Urban Transportation Planning System : Philosophy and Function », *Transportation Research Record*, n° 619, 1976, p. 43-48. A la fin de son article, Dial remercie pas moins de dix-sept « institutions » : Barton-Aschman Associates ; Cambridge Systematics, Commet Corporation ; Consad Research Corporation ; Creighton-Hamburg, Inc ; De Leuw, Cather and Company ; DTM Inc. ; First Data Corporation ; Massachusetts Institute of Technology ; Metropolitan Washington Council of Governments ; National Bureau of Standards ; MITRE Corporation ; Peat, Marwick, Livingston&Co; Planning Research Corporation; R.H. Pratt Associates; Wilbur Smith and Associates; Alan M. Voorhees and Associates.

<sup>635</sup> Sur Chris Witzgall, voir A.J. Goldman, « Optimal Facility-Location », *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, vol. 111, n° 2, 2006, p. 97-101.



La qualité du logiciel était réputée telle que Daniel McFadden, connaisseur en la matière car co-auteur lui-même d'un logiciel équivalent nommé QUAIL (« QUALitative, Intermittant, and Limited Dependent Variable Statistical Program »)<sup>637</sup>, se demandait avec un brin de jalousie comment on pouvait atteindre de performances pareilles<sup>638</sup>. D'autres aspects de la modélisation désagrégée, les travaux de Beni-Akiva sur les choix joints « Joint choice models » par exemple seront intégrés par la suite dans ULOGIT<sup>639</sup>.

Mais malgré tous ces supports de diffusion, la modélisation désagrégée aurait probablement rencontré bien plus de difficultés pour s'imposer aux Etats-Unis en tant qu'approche dominante pour l'étape de choix modal sans une mutation importante du monde des bureaux d'études américains spécialisés dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains. Cette mutation démarre dans les années 1970 et ses signes et effets sont toujours lisibles dans le paysage actuel. Faute de terme consacré, appelons-la l'« académisation » croissante des bureaux d'études et, plus généralement, de la communauté des modélisateurs dont l'activité principale n'est pas la recherche universitaire. Par ce terme nous désignons le processus d'une interpénétration croissante entre le monde universitaire et le monde de la pratique, évolution rendue possible par la transformation de la modélisation des déplacements urbains en champ académique distinct durant les années 1960 (ch. 2).

Un bureau d'études illustre de façon particulièrement éclatante cette académisation croissante du monde de la pratique dans ce champ particulier de la modélisation : « Cambridge Systematics »<sup>640</sup>. Le bureau, fondé en 1972, compte toujours parmi les grands acteurs de la modélisation des déplacements urbains aux Etats-Unis. Il emploie aujourd'hui quelque 280 personnes, essentiellement aux Etats-Unis, dont une cinquantaine de personnes spécialisées

---

<sup>636</sup> Sur ULOGIT : voir en premier lieu : Planning Methodology and Technical Support Division, Office of Transit Planning, Urban Mass Transportation Administration, *UTPS Reference Manual*, *op. cit.* La référence à Witzgall se trouve in *ibid.*, p. 146. On apprend que Witzgall a été aidé par trois collaborateurs du « Bureau of National Standards » alors que l'écriture finale du logiciel a été assurée par trois membres du bureau d'études « De Leuw, Cather and Company ». Sur l'usage d'ULOGIT, voir par exemple, Snehamay Khasnabis, Michael J. Cynecki et Mark A. Flak, « Systematic Calibrations of Multinomial Logit Models », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 109, n° 2, , 1983, p. 209-231.

<sup>637</sup> Sur QUAIL, voir la description trouvée dans Daniel McFadden, Fred A. Reid, Antti P. Talvitie, Michael Johnson and Associates, *The Urban Travel Demand Forecasting Project*, Final Report Series, vol. I : « Overview and Summary: Urban Travel Demand Forecasting Project », *op. cit.*, chapitre 3.

<sup>638</sup> Je dois cette anecdote à Robert Dial. « Dial\_hudhistory\_8.15.07.doc ».

<sup>639</sup> Voir la lettre de Robert Dial à Moshe Ben-Akiva, datée du 4 avril 1977 (Archives personnelles de Marvin Manheim : Massachusetts Institute of Technology, MC 330 Box 6, Folder 17).

<sup>640</sup> <http://www.camsys.com/> (25 février 2013).

dans la modélisation des déplacements urbains –, et est localisé à quelques centaines de mètres du cœur du « Massachusetts Institute of Technology » (MIT), dont il est, en grande partie, une émanation<sup>641</sup>. De ses cinq fondateurs, quatre y professent : Marvin L. Manheim, Wayne Pecknold, Paul O. Roberts, qui quitte « Charles River Associates » pour la nouvelle firme, et A. Sheffer Lang. Le cinquième fondateur, William A. Jessiman, est un diplômé du MIT en 1963 et titulaire d'un master du même établissement obtenu en 1965. Avant de participer à la création de « Cambridge Systematics », il dirigeait l'antenne bostonienne de la firme « Peat, Marwick, Livingston & Co » (ex- « Traffic Research Corporation »), l'un des bureaux d'études les plus innovants des années 1960 (ch. 2)<sup>642</sup>. Mais la présence du MIT au sein de la nouvelle firme ne se réduit pas à celle des fondateurs. En effet, les professeurs amènent avec eux, au moment de la fondation même de la firme ou après, plusieurs de leurs collaborateurs et élèves. C'est le cas notamment d'Earl Ruitter, bras droit de Manheim (ch. 2), et de Ben-Akiva, Lerman, Koppelman, et Leonard Sherman<sup>643</sup>. L'« académisation » de la firme se poursuit ensuite : quand « Cambridge Systematics » ouvre un second bureau à Berkeley, en 1976, c'est un certain McFadden qui rejoint ses collègues du MIT, non sans amener avec lui certains de ses élèves, à l'instar de Kenneth Train<sup>644</sup>. Avec une telle force de frappe en matière de modélisation des déplacements en général, et de modélisation désagrégée en particulier, on ne s'étonne point que « Cambridge Systematics » associe son nom pendant longtemps, aux Etats-Unis mais aussi en Europe, avec l'ouverture en 1978 aux Pays-Bas<sup>645</sup> d'une antenne du nom de « Cambridge Systematics Europe », avec la modélisation désagrégée. « Cambridge Systematics » en effet sera l'acteur central dans la mise en place de

---

<sup>641</sup> Je tiens plusieurs de ces informations de deux entretiens que j'ai eus avec Lance Neumann et Thomas F. Rossi à Cambridge (Massachusetts), le 23 juin 2011 et 28 juin 2012 respectivement. Neumann est un ancien de « Brown University » et a obtenu sa thèse avec Wayne M. Pecknold, l'un des fondateurs de Cambridge Systematics, en 1976 : Lance Neumann, *Integrating Transportation System Planning and Programming : An Implementation Strategy Approach*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, MIT, 1976. Neumann est entré dans la firme en 1975, et a servi comme son Président et « CEO » de 1986 à 2011. Rossi est un ancien du MIT (Thomas Francis Rossi, *Traffic Allocation Methods for Use in Impact Fee Assessment*, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, janvier 1987).

<sup>642</sup> Une brève notice sur Jessiman se trouve dans le rapport : Peat, Marwick, Livingston & Co in Association with Regional Economic Development Institute..., *Proposal for Phase I : Concept Formulation*, Columbia Public Transit Technical Study Demonstration Program, prepared for the Columbia Park and recreation Association, Inc. mars 1968, p. 77-78.

<sup>643</sup> Leonard Sherman, *The Impacts of the Federal Aid Highway Program on State and Local Highway Expenditures*, Ph.D. dissertation, *Department of Civil Engineering*, Massachusetts Institute of Technology, 1975.

<sup>644</sup> Information tirée de l'article : Kenneth E. Train, «A Comparison of the Predictive Ability of Mode Choice Models with Various Levels of Complexity», *Transportation Research Part A*, vol. 13A, 1979, p. 11-16 (p. 11).

<sup>645</sup> Le pays est apparemment réceptif à la nouvelle approche, qu'il cultive depuis le début des années 1970. Voir, par exemple, François Xavier de Donnea, *The Determinants of Transport Mode Choice in Dutch Cities : Some Disaggregate Stochastic Models*, Rotterdam, Rotterdam University Press, 1971.

ce qui est considéré comme la première application systématique de la modélisation désagrégée à grande échelle aux Etats-Unis, dans la région métropolitaine de San Francisco. L'ampleur de l'opération est telle que la présentation du projet et de ses résultats, par Ben-Akiva et Ruitter entre autres, lors de la rencontre annuelle du « Transportation Research Board » (TRB) pour l'année 1978, est accompagnée de plusieurs commentaires publiés ensuite avec les textes de présentation de l'étude dans la revue du TRB<sup>646</sup>. Notons enfin que la spécificité de « Cambridge Systematics » dans le paysage des bureaux d'études américains au milieu des années 1970 n'a pas échappé à Thomas Deen, le patron de l'époque du bureau d'études fondé par Alan Voorhees en 1961, qui note jalousement au sujet de ses rivaux : « Others are favorably tied to universities where products from academic federally financed research can be sold commercially and where the brightest and best of each academic class can be funnelled to the firm »<sup>647</sup>.

Avec le travail de « Cambridge Systematics » sur San Francisco, le mouvement pour la diffusion de la modélisation désagrégée, au sein des grandes « Metropolitan Planning Organizations » (MPO) – c'est l'appellation des agences de planification des transports – est lancé. Ainsi une enquête de l'« Institute of Transportation Engineers » portant sur dix grandes MPO – celles des New York, Chicago, Los Angeles et San Francisco ne font pas partie de l'échantillon – nous apprend que huit d'entre elles font appel pour l'étape de choix modal de leur modèle à quatre étapes, à la modélisation désagrégée (de la famille « logit » – à l'exception de la « Delaware Valley Region » (Philadelphie), qui emploie une « Probit binaire »<sup>648</sup>. Deux autres rapports, datant de 2000, nous informent que, en sus des villes étudiées dans le rapport de l'« Institute of Transportation Engineers », New York, Chicago,

---

<sup>646</sup> En effet, « Cambridge Systematics » fait partie d'un groupe de bureaux d'études impliqués dans l'étude : les deux autres sont : COMSIS Corporation et Barton-Aschman Associates. Sur l'opération, voir : Earl R. Ruitter et Moshe Ben-Akiva, « Dissaggregate Travel Demand Models for the San Francisco Bay Area : System Structure, Component Models, and Application Procedures », *Transportation Research Record*, n° 673, 1978, p. 121-28 ; Moshe E. Ben-Akiva, Len Sherman et Brian Kullman, « Non-Home-Based Models », in *ibid.*, p. 128-133. Les interventions ont été commentées par Frederick C. Dunbar (Charles River Associates), Gordon A. Shunk et Hanna P.H. Kollo (« Metropolitan Transportation Commission », l'agence de planification des transports pour la région de San Francisco). Pour une présentation détaillée du projet, voir Cambridge Systematics, Inc., *Travel Model Development Project, Phase 2 : Final Report* (en trois volumes), Cambridge (Mass.), juin 1980.

<sup>647</sup> T.B. Deen, *RDSA/AMV : What and Who Are We ? What do we want to be? (A White Paper prepared to stimulate an intra-company dialogue on our company's current course and future directions; to be presented to the Steering Committee, November 19, 1977)*, novembre 1977, p. 5-6. (Archives personnelles de Thomas Deen: George Mason University Libraries, C0106, Box 6, Folder 4).

<sup>648</sup> Institute of Transportation Engineers, *Travel Demand Forecasting Processes Used by Ten Large Metropolitan Planning Organizations*, Washington, D.C., ITE, février 1994 (les villes concernées sont : Atlanta, Baltimore, Boston, Dallas-Fort Worth, Denver, Detroit, Philadelphia, Pittsburg, Saint Louis, Washington, D.C.).

Los Angeles et Portland font aussi appel au moment de l'enquête à la modélisation désagrégée, pour l'étape de choix modal toujours<sup>649</sup>. A la fois signe et facteur d'accélération de cet usage croissant de l'approche désagrégée, celle-ci est présentée dans la version actualisée en 1998 d'un manuel de référence en matière de modélisation des déplacements urbains, rédigé par le bureau d'études Barton-Aschman Associates pour le compte de la « Transportation Research Board »<sup>650</sup>. Dans les années 2000, les agences de planification des transports américaines (« Metropolitan Planning Organizations » (MPO)) sont définitivement acquises à la cause de la modélisation désagrégée. Une grande enquête récente, portant sur 116 petites MPO (gérant des régions métropolitaines de moins de 200 000 habitants), 76 MPO « moyennes » (entre 200 000 et 1 000 000), et 36 grandes MPO (plus d'un million), rapporte que, vers le milieu des années 2000, « almost all mode choice models are now either multinomial logit or nested logit. For large MPOs, three-quarter of the HBW [Home-Based Work] models and three-fifths other purpose mode choice models are nested logit »<sup>651</sup>.

La modélisation désagrégée s'est donc banalisée aux Etats-Unis. Mais tout compte fait, il s'agit plutôt d'une demi-victoire. Loin d'avoir détrôné complètement la modélisation agrégée, comme ses adeptes enthousiastes de la fin des années 1960 et du début de la décennie suivante le souhaitaient ardemment, elle s'est insérée dans la modélisation à quatre étapes en occupant la seule case du « choix modal », et vivant ainsi en symbiose avec des modèles agrégés utilisés pour les autres étapes, comme le modèle gravitaire, qui domine toujours. Selon l'enquête précitée, 93% des « Metropolitan Planning Organizations » utilisent, en effet, une forme de modèle gravitaire, alors que seulement onze agences recourent à un modèle désagrégé de choix de destination<sup>652</sup>.

---

<sup>649</sup> Dany Nguyen-Luong, *Recherche sur le choix modal en milieu urbain*, Paris, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France, juin 2000 ; Dany Nguyen-Luong, *Modèles de prévision de trafic aux Etats-Unis : application à l'élaboration des plans de transports régionaux*, Paris, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France, janvier 2000.

<sup>650</sup> William A. Martin et Nancy A. McGuckin (Barton-Aschman Associates, Inc.), *Travel Estimation Techniques for Urban Planning*, NCHRP Report n° 365, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1998, chapitre 6 : « Mode-Choice Analysis ».

<sup>651</sup> VHB Vanasse Hangen Brustlin, Inc., *Findings of the Surveys of Metropolitan Planning Organizations*, Prepared for Committee B0090, TRB/National Research Council, Final Draft, 5 juin 2007, p. 55-56.

<sup>652</sup> *Ibid.*, p. 51.

## CHAPITRE 4

### Des techniques heuristiques à l'affectation à l'équilibre : pratiques et acteurs (II)

En août 1973, un jeune mathématicien Larry Joseph LeBlanc (né en 1947) soutient son doctorat en Recherche Opérationnelle à la « Northwestern University » sur la question de l'affectation du trafic automobile sur un réseau autoroutier (il s'agit de la dernière étape de la modélisation à quatre étapes)<sup>653</sup>. La recherche est financée en partie par la « Urban Mass Transportation Administration » (UMTA)<sup>654</sup>, et l'auteur envoie une copie de son rapport de thèse à Robert Dial. Celui-ci n'est pas seulement à l'époque le responsable de la librairie de programmes informatiques qu'UMTA développe dans les années 1970 dans le domaine de modélisation des déplacements urbains, connu sous le sigle d'« Urban Transportation Planning System » (UTPS) (ch. 3), mais aussi un modélisateur rompu aux techniques utilisées pour l'étape d'affectation, l'inventeur déjà d'un modèle connu chez les modélisateurs, théoriciens et praticiens (*infra*). A la lecture du document, Dial est immédiatement conquis par la thèse de LeBlanc. Le jour même où le courrier est déposé sur son bureau, il jette sur le papier le code source pour l'algorithme confectionné par LeBlanc dans sa thèse, et demande immédiatement à son ami Geoffrey J.H. Brown de l'incorporer dans UTPS, chose faite dans les jours suivantes<sup>655</sup>. Brown avait participé au début des années 1960 à la constitution de la librairie informatique du « Bureau of Public Roads »<sup>656</sup>, et il travaillait alors pour le bureau d'études fondé par deux anciens du mythique « Chicago Transportation Area Study », Roger L. Creighton et John R. Hamburg<sup>657</sup>, bureau qui collaborait régulièrement avec

---

<sup>653</sup> Larry Joseph LeBlanc, *Mathematical Programming Algorithms for Large Scale Network Equilibrium and Network Design Problems*, Ph.D. dissertation, Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University, août 1973. Sur LeBlanc, actuellement professeur d'« Operations Management and Information Technology » à « Vanderbilt University », voir son CV daté de 12 janvier 2012:

<http://www.owen.vanderbilt.edu/vanderbilt/data/faculty/115cv.pdf> (20 février 2013).

<sup>654</sup> L.J. LeBlanc, *Mathematical Programming Algorithms for Large Scale Network Equilibrium*, *op. cit.*, p. i.

<sup>655</sup> Je dois cette anecdote à Robert Dial. Il se trouve dans « Dial\_hudhistory\_8.15.07.doc », texte long de 17 pages, écrit par Robert Dial, et qui m'a été aimablement communiqué par l'auteur.

<sup>656</sup> Bureau of Public Roads, Federal Highway Administration, U.S Department of Transportation, *Calibrating & Testing a GRAVITY MODEL for any Size Urban Area*, Washington D.C., U.S. Government Printing Office, reprinted November 1968, p. A-18, A-27, A-29.

<sup>657</sup> Sur la « Chicago Transportation Area Study » (CATS), voir le chapitre 2 du présent document. Sur Geoffrey Brown et le bureau d'études fondé par les anciens du CATS en 1967, voir : Archives personnelles de John R. Hamburg : George Mason University Libraries, C0073, Box 6, Folder 2 et 3, par exemple. En 1974, John Hamburg fonde son bureau : « John Hamburg & Associates », et Brown travaille désormais pour ce dernier.

l'Administration fédérale en général, avec Dial, dans le cadre du projet UTPS, en particulier<sup>658</sup>. Suite à l'action conjointe de Dial et de Brown, le travail de LeBlanc figurera comme option dans UROAD, à savoir le module d'« Urban Transportation Planning System » (UTPS) dédié à l'étape d'affectation<sup>659</sup>.

Pourquoi une telle précipitation. ? On comprend mieux la fébrilité de Dial si on précise que LeBlanc arrive à donner dans son travail de thèse une réponse, susceptible d'avoir des répercussions pratiques importantes pour les modélisateurs des déplacements urbains, à une question posée depuis un bon demi-siècle plus tôt mais traitée jusqu'alors comme un exercice théorique: celle de l'*équilibre* dans un réseau congestionné. La question intrigue la communauté des chercheurs et des praticiens depuis un certain temps déjà, et Dial est, par ailleurs, vers 1973, en contact avec l'équipe du professeur Manheim au MIT sur ce thème justement<sup>660</sup>. Pourquoi la question est-elle importante ?

Un rappel rapide du problème nous éclairera. Vous avez un réseau de voirie et des automobilistes voulant aller à leur destination en empruntant ce réseau. Supposons que les automobilistes sont des êtres rationnels qui n'aiment pas perdre leur temps inutilement. Ils vont choisir donc le plus court chemin (en temps). Nous venons d'énoncer un modèle d'affectation sur le réseau, à la fois le plus simple et le moins réaliste, connu dans la littérature

---

Après 1982, et jusqu'au milieu des années 1990, John Hamburg sert de « vice president » à un autre grand bureau d'études de l'époque : « Barton-Aschman Associates » (Cette dernière information figure dans une brève notice biographique sur l'auteur, disponible à l'adresse suivante :

[http://sca.gmu.edu/finding\\_aids/hamburg.html](http://sca.gmu.edu/finding_aids/hamburg.html) : 10 mars 2013).

<sup>658</sup> Une liste des firmes avec lesquelles Robert Dial a travaillé dans le cadre d'UTPS est donnée par l'auteur dans Robert Dial, « Urban Transportation Planning System : Philosophy and Function », *Transportation Research Record*, n° 619, 1976, p. 43-48 (p. 48).

<sup>659</sup> Sur UROAD et son évolution, voir, par exemple: Planning Methodology and Technical Support Division, Office of Transit Planning, Urban Mass Transportation Administration, *UTPS Reference Manual*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 1er juin 1975, p. 404-461; Planning Methodology and Technical Support Division, Office of Transit Planning, Urban Mass Transportation Administration, *UTPS User's Guide*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 1er janvier 1975; Urban Mass Transportation Administration et Federal Highway Administration, *Urban Transportation Planning System : Introduction*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, janvier 1980. Plusieurs témoignages montrent que les praticiens sont au courant de l'existence de l'outil dans UROAD. Voir, par exemple : R.W. Eash, B.N. Janson et D.E. Boyce, «Equilibrium Trip: Advantages and Implications for Practice», *Transportation Research Record*, n° 728, 1979, p. 1-8 (p. 1) ; Price, Williams & Associates, Inc., *Proceedings of the UTPS User's Forum*, Tampa, Florida, May 30-June 1, 1984, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 1984, p. 27.

<sup>660</sup> Voir, par exemple : *Memorandum to Robert Dial from Marvin L. Manheim, subject : "Proposed direct equilibrium approach using Exponential Function"*, 24 septembre 1973 (Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 8, Folder 16); Earl Ruiter, «Implementation of Operational Network Equilibrium Procedures», *Transportation Research Record*, n° 491, 1974, p. 40-51.

spécialisée comme « affectation tout-ou-rien » ou « affectation selon le plus court chemin » (« all-or-nothing assignment »). Selon cette technique d'affectation, l'une des plus anciennes, le modélisateur des déplacements *affecte* (charge) tout le trafic dirigé de la même origine (« O ») vers la même destination (« D ») sur le chemin le plus court – en temps, en général, mais on peut construire une sorte de « coût » généralisé qui intègre d'autres éléments que le temps. Quand le réseau est composé de centaines d'arcs, calculer pour chaque couple « O-D » le chemin le plus court à vide (à flot nul) est évidemment une opération extrêmement fastidieuse. Heureusement, ce calcul est en même temps « mécanisable » et peut être exécuté par l'ordinateur à l'aide d'algorithmes dont la confection fera la joie des spécialistes de la Recherche Opérationnelle à partir de la fin des années 1950. L'algorithme dit de « Moore » (1957), du nom de son auteur, utilisé par J. Douglas Carroll Jr. et son équipe à Chicago à la fin des années 1950, sera l'un des premiers de ce type (voir ch. 2).

Mais comme l'on peut se rendre très rapidement compte, ce principe d'affectation a une fâcheuse conséquence. Si le nombre des automobilistes qui empruntent successivement les différents arcs composant le chemin le plus court pour un couple « origine-destination » donné est suffisamment important pour dépasser la capacité de ces arcs, le chemin qui a été le plus court ne l'est plus à cause de la congestion produite. Les ingénieurs se sont rendus compte très vite de ce problème, l'équipe de Carroll à Chicago la première, et ils se sont ingénies à inventer des techniques d'affectation qui prennent en compte la congestion due à la capacité limitée de chaque arc du réseau. On parle alors des techniques d'« affectation à contrainte de capacité » (« capacity-restraint assignment »). L'idée de base n'est pas très compliquée non plus. On commence avec une affectation selon le principe du « tout ou-rien ». Une fois cette première affectation faite, et les flux sur chaque arc du chemin calculés (1<sup>ère</sup> étape), on recalcule le « vrai » temps de parcours, celui qui prend en compte la charge sur chaque arc telle qu'elle a résulté à la fin de la première étape. Pour cela, on utilise les courbes « débit-temps de parcours », qui donnent, pour un arc doté de ses caractéristiques géométriques propres le temps de parcours d'une voiture en fonction de la charge de l'arc en question (plus l'arc est congestionné et plus le temps de parcours au long de cet arc est grand)<sup>661</sup>. Si le différentiel de deux temps n'est pas important, on arrête la procédure, sinon,

---

<sup>661</sup> Pour un article de synthèse important sur cette question, voir: David Branston, "Link Capacity Functions: A Review", *Transportation Research*, vol. 10, 1976, p. 223-236. Voir aussi les contributions réunies dans *Transportation Research Circular n° E-CA49, 75 Years of the Fundamental Diagram for Traffic Flow Theory*, Washington, D.C., Transportation Research Board, juin, 2011.

munis des nouveaux temps de parcours, on refait des affectations en suivant le principe du plus court chemin avec les nouveaux temps, et on continue les itérations jusqu'à ce que les temps des deux dernières itérations convergent. Une autre variante de l'affectation à « contrainte de capacité », développée également dans les années 1960, est l'affectation dite « par tranches »: ici la matrice « origine-destination » est découpée en tranches ; la première tranche de la matrice est alors affectée selon le principe du plus court chemin ; on recalcule ensuite le temps de parcours de chaque arc, en prenant en compte la charge du trafic issue de l'affectation précédente, et on affecte la seconde tranche sur le (s)nouveau(x) plus court(s) chemin(s), et ainsi de suite. Les années 1960 vont connaître une recrudescence de modèles d'affectation à capacité restreinte.

Proposés par quelques chercheurs – à l'instar de Walter W. Mosher, Jr. (« Institute of Transportation and Traffic Engineering » à la « University of California – Los Angeles ») et de Brian Vivian Martin, un britannique diplômé d'Impérial College (1957-1960) mais qui se trouve au début des années 1960 au « Massachusetts Institute of Technology » (MIT) dans le cadre de ses études postuniversitaires<sup>662</sup> – mais surtout par des praticiens, à l'instar des membres du bureau d'études « Traffic Research Corporation » et des modélisateurs travaillant dans les grandes agences urbaines de planification des transports de l'époque – comme Morton Schneider à Chicago, à coup sûr l'un des modélisateurs les plus respectés à l'époque –, les techniques d'affectation à capacité restreinte remplissent des pages et des pages dans les publications de la « Highway Research Board » dans les années 1960<sup>663</sup>. Face à cette explosion, le « Bureau of Public Roads » va essayer de faire quelque peu le ménage en finançant des recherches d'analyse comparative des différents modèles proposés. Marvin Manheim et son équipe au MIT sont ainsi commissionnés pour une telle étude comparative<sup>664</sup>.

---

<sup>662</sup> <http://www3.imperial.ac.uk/civilengineering/oldsite/aboutus/historyofthedepartment/ouralumni> (18 décembre 2012). La thèse de Master de Brian Martin, cosignée avec Frederick William Memmott III (1961), va déboucher sur un mini best-seller dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains : Brian V. Martin, Frederick W. Memmott, III, et Alexander J. Bone, *Principles and Techniques of Predicting Future Demand for Urban Transportation*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1965 (deuxième tirage en 1966). Avant d'être accueilli par the MIT Press, le document avait déjà connu sous forme de rapport trois tirages en juin 1961, janvier 1962 et janvier 1963

<sup>663</sup> Pour ne pas surcharger inutilement les notes avec des dizaines de références, on renvoie le lecteur à des documents de synthèse écrits par les spécialistes de la question et qui mentionnent plusieurs documents de l'époque : E.C. Matsoukis, « Road Traffic Assignment – A Review »: Part I. Non-Equilibrium Methods », *Transportation Planning and Technology*, vol. 11, 1986, p. 69-79 ; M. Patriksson, *The Traffic Assignment Problem : Models and Methods*, VSP BV, Utrecht, The Netherlands, 1994 (l'auteur offre de loin la bibliographie la plus exhaustive sur la question de l'affectation jusqu'à l'année de parution de son livre).

<sup>664</sup> Brian V. Martin et Marvin L. Manheim, « A Research Program for Comparison of Traffic Assignment Techniques », *Highway Research Record*, n° 88, 1965, p. 69-84.



Il en va de même d'une équipe du « Bureau of Highway Traffic » à « Yale University », qui va produire, au prix de 99675 dollars de l'époque<sup>665</sup>, l'étude probablement la plus approfondie dans les années 1960 sur les mérites respectifs de quatre techniques d'affectation à capacité restreinte, testées avec des données en provenance de deux réseaux localisés dans les régions de Pittsburgh et de Raleigh (Caroline du Nord) respectivement. Eu égard au deux critères retenus pour la comparaison, le temps d'exécution (sur ordinateur) et la capacité de reproduire la réalité, c'est la technique proposée par Morton Schneider qui sort alors gagnante de la compétition<sup>666</sup>.

Visiblement, la question de l'affectation passionne, et vers la fin des années 1960, de nouvelles techniques, obéissant à des logiques originales, sont mises sur le marché sous le nom de « méthodes multi-chemins » (« multipath traffic assignment »), ou « affectation stochastique ou probabiliste » (« probabilistic or stochastic assignment »). Le modèle le plus connu de cette catégorie<sup>667</sup> a comme créateur un certain Robert Dial, et sa première formulation figure dans la thèse de doctorat de l'auteur, que le jury réuni pour l'examiner n'hésite pas à qualifier de « major breakthrough for a revision of the crude 'all-or-nothing' traffic assignment process », tout en félicitant l'impétrant d'avoir produit une « thesis (...) exceptionally well written, with an economy of words and a wealth of algorithmic formulation »<sup>668</sup>. Contrairement aux présupposés des méthodes précédentes, Dial considère qu'un automobiliste ne choisira pas nécessairement – par manque d'information, parce qu'il

---

<sup>665</sup> National Cooperative Highway Research Program, *Celebrating 50 years: 2012 Summary of Progress*, Washington D.C., Transportation Research Board, 2012, p. 88, pour le montant de l'étude.

<sup>666</sup> Matthew J. Huber, Harvey B. Boutwell et David K. Witherford, *Comparative Analysis of Traffic Assignment Techniques with Actual Highway Use*, National Cooperative Highway Research Program Report n° 58, Highway Research Board, 1968.

<sup>667</sup> Un autre modèle de cette catégorie est dû à un consultant anglais, J. E. Burrell, qui travaille à cette époque chez « Freeman, Fox, Wilbur Smith and Associates », le bureau d'études anglo-américain qui est l'acteur central de la fameuse « London Transportation Study » des années 1960 « (voir ch. 2). La contribution de Burrell est présentée lors du « Fourth International Symposium on the Theory of Road Traffic Flow », tenu à Karlsruhe en juin 1968, et a été publiée dans les actes de la conférence : J.E. Burrell, « Multiple route assignment and its application to capacity restraint » dans W. Leutzbach et P. Baron (éd.), *Beiträge zur Theorie des Verkehrsflusses Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, Heft 86, Herausgegeben von Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn, 1969, p. 210-229.

<sup>668</sup> Robert Barkley Dial, *Probabilistic Assignment: A Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, University of Washington, 1970. La thèse a donné lieu à un article, parmi les plus cités dans la littérature relative aux modèles d'affectation : Robert B. Dial, « A Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration », *Transportation Research*, vol. 5, 1971, p. 83-111. Selon une pratique répandue, l'auteur a présenté aussi son travail aux rencontres du « Highway Research Board » (HRB) et a publié sa communication, sous forme d'article assez similaire à celui paru dans *Transportation Research*, dans la revue du HRB : Robert Dial, « A Multipath Traffic Assignment Model », *Highway Research Record*, n° 369, 1971, p. 199-210 (notons que c'est l'article dans *Transportation Research* qui le plus cité par les chercheurs).

se trompe tout simplement, ou pour le plaisir de varier l'itinéraire, qui sait –, le chemin le plus court, mais il optera pour l'un de chemins qui offrent des temps de parcours pas trop différents entre eux. Pour chaque couple « origine-destination », les itinéraires possibles sont alors dotés d'une probabilité d'utilisation, qui est d'autant plus grande que l'itinéraire en question se rapproche du chemin le plus court, et le trafic est réparti sur les différents chemins proportionnellement à leur probabilité d'utilisation. (Le lecteur a pu remarquer que ce raisonnement de nature probabiliste est assez proche de celui qui anime à cette époque les tenants de la méthode désagrégée : l'option qui offre la plus grande utilité a le plus de chance de se réaliser. Manheim et son équipe au MIT vont essayer par ailleurs d'établir des liens entre le modèle de Dial et le domaine naissant de la modélisation désagrégée<sup>669</sup>.)

Aussi différentes, et aussi ingénieuses, qu'elles soient, toutes ces techniques, progressivement incorporées dans les bibliothèques informatiques bâties par l'Administration fédérale dans les années 1960 et au début des années 1970<sup>670</sup> –, ne sont pas exemptes de problèmes, évidemment différents d'une famille de modèles à l'autre. Ainsi la méthode « tout-ou-rien », outre le fait qu'elle ne prend pas en compte la congestion, est très instable du point de vue computationnel: ainsi un léger changement dans la matrice « origine-destination » avec laquelle on charge le réseau peut se traduire dans des modifications très importantes quant aux flux prédits. Les techniques d'affectation à capacité restreinte sont des méthodes heuristiques pour lesquelles la convergence recherchée n'est pas garantie (des phénomènes d'oscillation sont souvent observés), alors que la famille de modèles « multi-chemins », probablement la plus réaliste du point de vue du comportement effectif des automobilistes, pâtit un peu du fait de ne pas prendre en compte les capacités maximales des arcs.

Heureusement une autre technique d'affectation est proposée depuis longtemps. Mais elle a aussi ses inconvénients et qui sont de taille, car si on sait l'énoncer, la formuler même

---

<sup>669</sup> Voir, par exemple : la lettre de Marvin Manheim à Michael Florian, datée de 9 novembre 1975 (Archives personnelles de Marvin Manheim : Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 8, Folder 16), ainsi que le texte dactylographié signé « MLM » (visiblement : Marvin L. Manheim), intitulé « Behavioral basis of path choice », qui date d'octobre 1975 (in *ibid.*).

<sup>670</sup> Voir par exemple : Planning Methodology and Technical Support Division, Office of Transit Planning, Urban Mass Transportation Administration, *UTPS Reference Manual*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 1er juin 1975. Les affectations « tout ou rien », « à capacité restreinte » et « multichemin » (nommé STOCH), font partie du module UROAD. La bibliothèque informatique proposée par le « Bureau of Public Roads » en 1970 contient la technique d'affectation à capacité restreinte ; le programme s'appelle CAPRES (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, *URBAN TRANSPORTATION PLANNING, General Information and Introduction to System 360*, Washington, D.C., juin 1970).

mathématiquement, on n'est pas en mesure de la résoudre analytiquement, pour des réseaux réels en tout cas, et par conséquent on ne peut pas l'utiliser. La thèse de LeBlanc interpelle fortement Dial, car l'auteur est le premier – en réalité il va partager ce privilège avec un autre docteur comme lui (*infra*) –, à concevoir une solution capable de rendre la technique en question opérationnelle et intéressante du point de vue pratique. Cette méthode qui attendait LeBlanc est l'affectation dite « à l'équilibre » ou affectation « selon le premier principe de Wardrop ». Tout cela nous oblige à un second voyage dans le temps.

Dans les années 1920, un (relativement) jeune économiste au nom de Frank Hyneman Knight (1885-1972), qui se préparait à devenir l'un des économistes les plus influents du XXe siècle, dans un débat avec le non moins célèbre aujourd'hui Arthur Cecil Pigou (1877-1959), venait d'annoncer l'idée de *l'équilibre* dans un réseau congestionné : « Suppose that between two points there are two highways, one of which is broad enough to accommodate without crowding all the traffic which may care to use it, but is poorly graded and surfaced, while the other is a much better road but narrow and quite limited in capacity. If a large number of trucks operate between the two termini and are free to choose either of the two routes, they will tend to distribute themselves between the roads in such proportions that the cost per unit of transportation, or effective result per unit of investment, will be the same for every truck on both routes. As more trucks use the narrower and better road, congestion develops, until at a certain point it becomes equally profitable to use the broad but poorer highway»<sup>671</sup>.

Ce passage sera repris, commenté et exploité quelque trente ans plus tard par trois autres jeunes économistes rompus aux mathématiques : Martin J. Beckmann (1924-), C. Barlett McGuire (1925-2006) et Christopher B. Winsten (1923-2005). Tous les trois sont membres de la prestigieuse « Cowles Commission for Research in Economics »<sup>672</sup> quand ils vont publier, comme rapport soutenu par la non moins fameuse « RAND Corporation » en 1955, sous

---

<sup>671</sup> F.H. Knight, « Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 38, n° 4, août 1924, p. 582-606 (p. 584-585, pour la citation).

<sup>672</sup> Fondé en 1932, la Commission est affiliée entre 1939 et 1955 à l'Université de Chicago, avant de déménager en 1956 à « Yale University », où elle obtient son nom actuel de « Cowles Foundation for Research and Economics ». Pour un premier contact avec la Commission et son histoire, on peut visiter son site : (<http://cowles.econ.yale.edu/> :10 mars 2013). Voir aussi les travaux historiques suivants qui insistent moins sur les contributions des membres de la Commission à la science économique et plus sur le contexte dans lequel évoluait l'institution: Philip Mirowski, *Machine Dreams : Economics Becomes a Cyborg Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 2002 ; Johanna Bockman et Michael A. Bernstein, « Scientific Community in a Divided World : Economists, Planning, and Research Priority during the Cold War », *Comparative Studies in Society and History*, vol. 50, n° 3, 2008, p. 681-613.

forme de livre une année plus tard, le résultat de leurs « *Studies in the Economics of Transportation* »<sup>673</sup>. L'ouvrage contient, entre autres, une façon de conceptualiser et de formuler en termes mathématiques la question de la demande de déplacements ainsi que le choix de l'itinéraire sur un réseau qui est différente de la démarche mise en œuvre par la modélisation à quatre étapes, qui, rappelons-le, au moment de la publication du livre, est encore à venir (ch. 2). En mettant en avance la notion d'*équilibre* sur un réseau congestionné, les trois économistes sont en mesure, en effet, d'aborder plus rigoureusement, car de façon intégrée, une série de questions que la modélisation à quatre étapes traitera de manière séparée et séquentielle, dans ses étapes de distribution et d'affectation notamment.

Comme nous venons de le dire, le terme clé dans la démarche des trois auteurs est celui de *l'équilibre*, que les auteurs définissent pour une route isolée dans un premier temps, pour un réseau dans un second temps : « With regard to a road in isolation, equilibrium means the following : At every level of traffic conditions, as measured by the average cost of transportation, a certain demand for the use of this road is forthcoming. If this demand is larger than the prevailing flow, the traffic conditions get worse and the average cost of transportation increases. This tends to curb the demand, perhaps to the extent that flows fall below the initially prevailing level. Then traffic conditions improve again and at the reduced level of transportation cost an increased demand is forthcoming. There is however one level of flow at which traffic conditions give rise to a demand just equal to the prevailing flow. This is what we shall call the equilibrium flow » (éd. 1956, p. 59; éd. 1955, p. 3.1).

Est-ce que l'équilibre dans un réseau est simplement un état « which flows on every road are in equilibrium ? », se demandent ensuite les auteurs ? La réponse est non, car « a change of flow on the road is bound to affect flows and hence costs on some other roads » (éd. 1956, p.

---

<sup>673</sup> Martin Beckmann, C.B. McGuire et Christopher B. Winsten, *Studies in the Economics of Transportation, Research Memorandum*, U.S. Air Force Project memorandum, Santa Monica, The Rand Corporation, 12 May 1955, p. 3.3 pour la citation de Knight (les auteurs utilisent la réédition du texte de Knight paru dans : American Economic Association, *Readings in Price Theory*, Chicago, Richard D. Irwin, Inc., 1952, p. 160-179). Le rapport est publié sous forme de livre l'année suivante : Martin Beckmann, C.B. McGuire et Christopher B. Winsten, *Studies in the Economics of Transportation*, New Haven, Yale University Press, 1956 (la référence à Knight se trouve p. 60). Les meilleures analyses de l'ouvrage, de sa fabrication à sa postérité intellectuelle en passant par sa réception, se trouvent dans les articles suivants : David Boyce, « Forecasting Travel on Congested Urban Transportation Networks : Review and Prospects for Network Equilibrium Models », *Networks and Spatial Economics*, vol. 7, 2007, p. 99-128 ; David E. Boyce, Hani S. Mahmassani, Anna Nagurney, « A retrospective on Beckmann, McGuire and Winsten's *Studies in the Economics of Transportation* », *Papers in Regional Science*, vol. 84, n° 1, 2005, p. 85-103.

59 ; éd. 1955, p. 3.1-3.2)<sup>674</sup>. Les auteurs précisent ensuite leur notion d'équilibre dans un réseau en spécifiant trois "conditions" ou "principes": « (1) If between a given origin and a given destination more than one route is actually traveled, the cost of transportation to the average road user (...) must be equal on all these routes. (2) Since the routes used are the 'shortest' ones under prevailing traffic condition, average cost on all other possible routes cannot be less than that on the route or routes travelled. (3) The amount of traffic originated per unit of time must equal the demand for transportation at the trip cost which prevails » (éd. 1956, p. 60; éd. 1955, p. 3.3). Les auteurs formulent ensuite mathématiquement la question de l'équilibre, explorent en détail les propriétés du système des équations posées et donnent deux exemples de *routes fictifs* en équilibre, à titre d'illustration de leur démarche (éd. 1956, p. 73-79 ; éd. 1955, p. 3.23-3.30). Mais point de réseau réel ou proche de la réalité dans leur livre, ni de techniques de calcul permettant à l'ingénieur d'affecter le trafic sur un réseau de sorte que les flux sur les différents itinéraires soient en équilibre selon les critères posés par les auteurs.

En annonçant leurs principes, le trio de la « Commission Cowles » retrouvent, apparemment sans s'en rendre compte<sup>675</sup>, un principe que tout modélisateur des déplacements urbains connaît aujourd'hui sous le nom du « premier principe de Wardrop », que son auteur, John Glen Wardrop, mathématicien britannique, spécialiste de la Recherche Opérationnelle, longtemps chercheur au « Traffic and Safety Division of the Road Research Laboratory », avait annoncé, en 1952, très brièvement, il est vrai, au milieu d'un texte bouillonnant. D'après ce principe, pour un couple "origine-destination", dans des conditions d'équilibre sur le réseau, "The journey time on all the routes actually used are equal, and less than those which

---

<sup>674</sup> Et les auteurs continuent : "Demand refers to trips and capacity refers to flows on roads. The connecting link is found in the distribution of trips over the network according to the principle that traffic follows shortest routes in terms of average cost. The idea of equilibrium in a network can then be described as follows. The prevailing demand for transportation, that is, the existing pattern of originations and terminations, gives rise to traffic conditions that will maintain that same demand. Or, starting at the other end, the existing traffic conditions are such as to call forth the demand that will sustain the flows that create these conditions" (éd. 1956, p. 59; éd. 1955 p. 3.2).

<sup>675</sup> Voir les témoignages des auteurs recueillies par David Boyce, un universitaire influent dans le champ de la modélisation des déplacements urbains depuis les années 1960, grand admirateur de l'ouvrage signé par les trois membres de « Cowles Commission », et très versé dans l'histoire de sa discipline : David Boyce, « Is the Sequential Travel Forecasting Paradigm Counterproductive ? », *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 128, n° 4, 2002, p. 173 ; D. Boyce, « Forecasting Travel on Congested Urban Transportation Networks : Review and Prospects for Network Equilibrium Models », *op. cit.*, p. 105 (Les articles de Boyce nous ont été d'une grande aide pour voir plus clair dans l'histoire des modèles d'affectation).

would be experienced by a single vehicle on any unused route »<sup>676</sup>. Et, en explicitant son principe, Wardrop note qu'il "is quite a likely one in practice, since it might assumed that traffic will tend to settle down into a equilibrium situation in which no driver can reduce his journey time by choosing a new route" (*ibid.*). En d'autres termes – et on retrouve à la fois chez les économistes de la « Cowles Commission » et chez Wardrop, l'hypothèse d'un automobiliste qui cherche, dans une sorte d'environnement compétitif incluant d'autres automobilistes qui essaient de faire pareil, à minimiser son temps de parcours, et, de ce fait, maximiser son utilité individuelle –, une affectation est à l'équilibre lorsque tous les itinéraires utilisés sur une même origine-destination ont un « coût » – en termes de temps de parcours, par exemple – *équivalent* et *minimum*, tandis que tous les autres chemins possibles non empruntés représentent un « coût » supérieur. Si cette condition n'est pas remplie, il existe au moins un conducteur qui a intérêt à changer d'itinéraire – l'équilibre par conséquent n'est pas atteint –, car il peut trouver un chemin plus court.

Au milieu des années 1950, on dispose donc d'un concept, celui *d'équilibre* sur un réseau congestionné, deux énonciations alternatives mais équivalentes des conditions d'équilibre, mais pas de solution mathématique, soit exacte analytiquement soit approximative à l'aide d'algorithmes, pour affecter les flux sur les différentes parties du réseau de sorte qu'ils satisfassent ces conditions d'équilibre. La solution prendra un peu de temps, mais elle viendra.

Alors que les praticiens, nous l'avons vu, ne cessent de déployer, tout au long des années 1960, leur inventivité pour imaginer des techniques d'affectation (qui ne satisfont pas nécessairement le principe d'équilibre), les travaux de Beckmann et de ses collaborateurs ainsi que ceux de Wardrop – qui participe, par ailleurs, au première symposium international sur la théorie du trafic tenu sur le sol américain en 1959<sup>677</sup> – commencent à circuler, d'abord lentement, avec une vitesse croissante à partir de la fin des années 1960, au sein du monde

---

<sup>676</sup> John Glen Wardrop, B.A., « Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research (with discussion) », *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Road Paper n° 36, "Road Engineering Division Meeting", 24 janvier 1952, Part II, vol. 1, n° 3, 1952, p. 325-378 (p. 345). Sur Wardrop (? - 1989), voir : Vernon Webster, "John Glen Wardrop: Obituary", *Transportation*, vol. 16, 1989, p. 1-2.

<sup>677</sup> J. G. Wardrop, « The Distribution of Traffic on a Road System », dans Robert Herman (éd.), *Theory of Traffic Flow* (Proceedings of the symposium on the theory of traffic flow, held at the General Motors Research Laboratories, Warren, Michigan), Amsterdam/New York, Elsevier, 1961, p. 57-78.

universitaire américain<sup>678</sup>. Une communauté disciplinaire en train de se constituer est alors vivement intéressée par le problème de l'affectation à l'équilibre, difficile à résoudre du point mathématique : celle de la Recherche opérationnelle, dont les rapports avec des questions de trafic via l'idée de l'optimisation des flux sur un réseau (quelconque) ont été soulignés dans le chapitre 2.

Ainsi en 1963, Niels O. Jorgensen, alors étudiant en Master à la « University of California » à Berkeley et membre du « Institute of Transportation and Traffic Engineering », rédige un mémoire de recherche sur « Some Aspects of the Urban Travel Traffic Assignment »<sup>679</sup>. Si la référence à Wardrop est explicite (p. 3 et p. 37, par exemple), l'auteur ne souffle mot, en revanche, des travaux de Beckmann et de ses collaborateurs. Une dizaine d'années après la parution de leur livre, ce dernier, à l'époque professeur à « Brown University » publie dans la revue *Traffic Quarterly* un article de synthèse sur la question de l'affectation du trafic sur un réseau où il fait le rapprochement entre ses propres travaux et ceux de Wardrop, mais il ne cite pas Jorgensen<sup>680</sup>. Deux ans plus tard, la jeune grecque Stella C. Dafermos, parmi les premières femmes aux Etats-Unis à obtenir, en 1968, le titre de docteur dans le domaine très masculin de la Recherche opérationnelle<sup>681</sup>, cosigne avec son directeur de thèse, Frederick Tom Sparrow, universitaire au profil très proche de celui de Beckmann, titulaire d'un Ph.D. en Economie et Recherche opérationnelle (1962)<sup>682</sup>, un article intitulé « The Traffic

---

<sup>678</sup> On trouve un historique plus circonstancié de l'accueil des travaux de Bachmann et de ses collaborateurs dans les années 1960 dans les textes de David Boyce déjà mentionnés. Notons simplement ici que ni les travaux de Beckmann et de ses collègues ni ceux de Wardrop ne sont inconnus de l'équipe de Carroll à Chicago, même si cette dernière va tracer son propre chemin en matière de modélisation des déplacements urbains. Voir par exemple : *CATS Research News*, vol. 1, n° 2, 1957, p. 15-16 (réf. à Wardrop) ; Nicholas G. Vivona, « Predicting Urban Trip Patterns : Growth Factor Models », *CATS Research News*, vol. 1, n° 11, 1957, p. 16-20 (réf. à Beckmann et ses collègues) ; Nicholas G. Vivona, « Traffic Assignment : Toronto Approach », *CATS Research News*, vol. 1, n° 19, 1957, p. 12-16 (réf. à Wardrop) ; Louis Keefer, « Some Comments Concerning Current Definitions of Street Capacity », *CATS Research News*, vol. 2, n° 9, 1958, p. 8-12 (réf. à Beckmann et ses collègues, d'une part, à Wardrop, de l'autre).

<sup>679</sup> Niels O. Jorgensen, *Some Aspects of the Urban Traffic Assignment Problem*, A report submitted for the course, CE 299, as partial fulfilment of the requirements for the degree Master of Engineering in Civil Engineering, University of California, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley, juillet 1963.

<sup>680</sup> Martin J. Beckmann, « On the Theory of Traffic Flow in Networks », *Traffic Quarterly*, vol. 21, 1967, p. 109-116.

<sup>681</sup> Styliani-Stella Constantine Dafermos, *Traffic Assignment and Resource Allocation in Transportation Networks*, Ph.D. dissertation, The John Hopkins University, 1968.

<sup>682</sup> Sur Sparrow, voir : <http://www.purdue.edu/discoverypark/energy/CCTR/about/Bios-Sparrow.php> (21 février 2013).

Assignment Problem for a General Network»<sup>683</sup>, tiré pour l'essentiel de sa recherche doctorale. L'article, qui va vite obtenir le statut de classique, a paru dans la revue du « National Bureau of Standards », qui avait soutenu financièrement la recherche de Dafermos<sup>684</sup>, signe qu'on espérait en tirer des dividendes pratiques. La publication en question cite cette fois tout le (petit) monde qui gravite autour de la question de l'équilibre et recèle plusieurs qualités qui feront de Stella Dafermos une figure imposante du champ, qu'elle continuera à servir avec succès jusqu'à sa mort prématurée le 5 avril 1990<sup>685</sup>.

L'article participe tout d'abord à fixer le vocabulaire, quelque peu flottant jusqu'alors, sur la question. Ainsi le premier principe de Wardrop, d'après lequel chaque utilisateur du réseau optimise son itinéraire à lui est appelé « user optimized equilibrium » – aujourd'hui on parle plus simplement de « user equilibrium » (UE). Mais Wardrop avait aussi annoncé, dans son article de 1952 et toujours de façon laconique, un second principe d'affectation, selon lequel, pour un couple « origine-destination » donné, les flux de voitures peuvent être distribués sur le réseau de telle sorte que « The average journey time is a minimum »<sup>686</sup> – principe qui peut servir de règle d'action pour le gestionnaire du réseau, et qui prendra de l'importance avec l'arrivée des « Systèmes de Transport Intelligents (ch. 8). Dafermos et Sparrow commentent ce second principe et l'associent, en effet, à l'existence d'une « central authority »<sup>687</sup> qui obligerait/inciterait les conducteurs à coopérer pour obtenir ensemble un optimum collectif, en rendant *la somme* des temps de leurs parcours minimal – aujourd'hui on parle de second principe de Wardrop, assurant un « system optimal equilibrium » (SOU). Dafermos et Sparrow formulent mathématiquement les deux principes et proposent des algorithmes permettant d'affecter les flux sur un réseau selon ces derniers. L'exercice reste en grande partie théorique, puisque les réseaux traités sont des constructions stylisées et de petite taille,

---

<sup>683</sup> Stella C. Dafermos et Frederick T. Sparrow, « The Traffic Assignment Problem for a General Network », *Journal of Research of the National Bureau of Standards – B. Mathematical Sciences*, vol. 73B, n° 2, avril-juin 1969, 91-118.

<sup>684</sup> Styliani-Stella Constantine Dafermos, *Traffic Assignment and Resource Allocation in Transportation Networks*, *op. cit.*, p. iii.

<sup>685</sup> Sur Dafermos (1940-1990), voir rapidement la brève notice nécrologique rédigée par son élève Anna Nagurney, « Equilibrium Modeling, Analysis and Computation : The Contributions of Stella Dafermos », *Operations Research*, vol. 39, n° 1, janvier-février 1991, p. 9-12.

<sup>686</sup> J.G. Wardrop, B.A., « Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research (with discussion) », *op. cit.*, p. 345.

<sup>687</sup> Stella C. Dafermos et Frederick T. Sparrow, « The Traffic Assignment Problem for a General Network », *op. cit.*, p. 91.



mais déjà des expérimentations avec un ordinateur donnent des résultats encourageants : non seulement les algorithmes convergent mais le font assez rapidement<sup>688</sup>.

A partir de cette date, la cadence s'accélère. Dafermos poursuit l'exploration du sujet<sup>689</sup>, et les procédures mises en place dans un texte de 1969 sont immédiatement reprises et développées par des chercheurs en recherche opérationnelle de « Cornell University » pour le compte de la « Federal Highway Administration » du ministère des Transports américain<sup>690</sup>. C'est dans ce contexte qu'on retrouve Larry Joseph LeBlanc et son doctorat en Recherche Opérationnelle soutenu en 1973 à la « Northwestern University ».

La contribution de l'auteur est particulièrement intéressante car, comme Robert Dial l'a immédiatement remarqué, la solution proposée par LeBlanc a des retombées opérationnelles : l'algorithme pour l'affectation à l'équilibre contenu dans la thèse de 1973 peut être utilisé dans le cas de réseaux réels. L'auteur connaît et cite les travaux de Dafermos,<sup>691</sup> mais il va essayer une autre voie. LeBlanc ne sera pas explicite sur ce point, mais pour produire sa solution au problème de l'affectation à l'équilibre, il a dû déterrer un algorithme vieux de vingt ans à l'époque de la rédaction de sa thèse, connu aujourd'hui sous le nom de l'algorithme de « Frank-Wolfe », du nom des auteurs qui l'ont inventé<sup>692</sup> (notons qu'au moment de la création de cet algorithme avec Marguerite Frank, la seconde femme dans notre historique<sup>693</sup>, Philip Wolfe était bien moins connu qu'aujourd'hui pour ses prouesses en

---

<sup>688</sup> *Ibid.*, p. 109.

<sup>689</sup> Dafermos va publier très vite un autre article important : Stella C. Dafermos, « An Extended Traffic Assignment Model with Applications to Two-Way Traffic », *Transportation Science*, vol. 5, 1971, p. 366-389. Elle sera très productive tout au long des années 1970 et 1980.

<sup>690</sup> T. Leventhal, G. Nemhauser et L. Trotter Jr., « A Column Generation Algorithm for Optimal Traffic Assignment », *Transportation Science*, vol. 7, n° 2, 1973, p. 168-176.

<sup>691</sup> L.J. LeBlanc, *Mathematical Programming Algorithms for Large Scale Network Equilibrium...*, *op. cit.*, p. 18.

<sup>692</sup> Marguerite Frank et Philip Wolfe, « An Algorithm for Quadratic Programming », *Naval Research Logistics Quarterly*, vol. 3, n° 1-2, 1956, p. 95-110. Philip Wolfe parlera plus tard de ce travail dans un très long et instructif entretien sur son parcours et son oeuvre :

<http://e-opt.informs.org/directory/trailblazers/wolfe/index.cfm> (13 décembre 2012). Des ingénieurs et universitaires de l'autre côté d'Atlantique, dont le français Michel Bruynooghe (voir ch. 9) avaient suggéré à la fin des années 1960 l'usage de l'algorithme de « Frank-Wolfe » pour résoudre le problème de l'affectation du trafic sur un réseau congestionné. Bruynooghe n'est pas cité par LeBlanc dans sa thèse, mais l'auteur le mentionne dans un article tiré de son doctorat et publié en 1975 : Larry J. LeBlanc, Edward K. Morlok et William P. Pierskalla, « An Efficient Approach to Solving the Road Network Equilibrium Traffic Assignment Problem », *Transportation Research*, vol. 9, 1975, p. 309-318 (p. 318).

<sup>693</sup> Marguerite Frank, bien moins connue aujourd'hui que son co-auteur de l'algorithme « Frank-Wolfe », a fait une carrière universitaire. Elle s'est intéressée à la question de l'équilibre et a publié une série d'articles sur le sujet dont certains dans *Transportation Science*. Dans les années 1990, on la trouve à Stanford. Voir Marguerite

recherche opérationnelle<sup>694</sup>). Et contrairement à Dafermos et aux chercheurs de « Cornell University », LeBlanc applique sa solution, une adaptation de l'algorithme de « Frank-Wolf » à un réseau réel, celui de la ville de « Sioux Falls » du Dakota du Sud, une petite ville de 125000 habitants environ, et dont le réseau sera utilisé à plusieurs reprises par la suite pour tester des modèles d'affectation. Le réseau mobilisé pour les besoins de l'expérimentation est composé de soixante-seize arcs et vingt-quatre nœuds, le langage utilisé pour le programme informatique a été le Fortran IV et l'ordinateur qui a servi pour les calculs un CDC 6400. Avec un temps d'exécution de moins de dix secondes, même si le réseau est de petite taille, LeBlanc peut à juste titre croire aux potentialités pratiques de sa solution<sup>695</sup>.

A l'époque où LeBlanc s'apprêtait à défendre sa thèse de doctorat, à quelques 1200 kilomètres d'Evanston, à Montréal, un certain Sang Nguyen était sur le point de mettre les dernières touches sur la sienne, qu'il soutient en décembre 1973<sup>696</sup>. LeBlanc ne fait pas partie de la bibliographie fournie par l'étudiant de l'université de Montréal, ce qui semble normal vu les dates de soutenance des deux travaux. Mais, il aurait pu y figurer, car le sujet traité par Nguyen, grâce à un financement de « Ford Motor Company of Canada », est exactement le même que celui de LeBlanc. Pour tester sa solution à lui au problème de l'affectation à l'équilibre, Nguyen va recourir, par ailleurs, au même type de protocole expérimental que LeBlanc. Ainsi le réseau d'une ville canadienne au nom de « Hull », comportant 155 nœuds et 376 arcs, alors que l'aire métropolitaine est découpée en 27 zones donnant lieu à 690 couples « origine-destination », sera utilisé comme terrain d'expérimentation. La solution proposée par Nguyen, programmée en FORTRAN aussi, est exécutée sur un CDC CYBER 74. Avec

---

Frank et Regina H. Mladineo, « Computer generation of network cost from one link's equilibrium data », *Annals of Operations Research*, vol. 44, 1993, p. 261-275 (l'article commun avec Philip Wolfe est cité p. 274).

<sup>694</sup> Sur Philip Wolfe, voir le chapitre qui lui est consacré dans Arjang A. Assad et Saul I. Gass (written, compiled and edited by), *Profiles in Operations Research : Pioneers and Innovators*, International Series in Operations Research & Management Science, New York, Springer, 2011, ch. 34 (p. 627-642). L'auteur du chapitre est Alan J. Hoffman.

<sup>695</sup> Peu après sa thèse LeBlanc va publier deux articles, cosignés avec deux membres de son jury qui seront énormément cités par la suite : Larry J. LeBlanc, Edward K. Morlok et William P. Pierskalla, « An Accurate and Efficient Approach to Equilibrium Traffic Assignment on Congested Networks », *Transportation Research Record*, n° 491, 1974, p. 12-23 ; Larry J. LeBlanc, Edward K. Morlok et William P. Pierskalla, « An Efficient Approach to Solving the Road Network Equilibrium Traffic Assignment Problem », *op. cit.*

<sup>696</sup> Sang Nguyen, *Une approche unifiée des méthodes d'équilibre pour l'affectation du trafic*, Thèse présentée à la Faculté des Etudes Supérieures en vue de l'obtention du *Philosophiae Doctor* (Informatique), Département d'Informatique, Faculté des Arts et des Sciences, Université de Montréal, décembre 1973. L'auteur a présenté immédiatement les résultats de sa thèse dans l'article en anglais : Sang Nguyen, « An Algorithm for the Traffic Assignment Problem », *Transportation Science*, vol. 8, n° 3, 1974, p. 203-216.

des temps d'exécution (CPU) qui ne dépassent pas les 45 seconds, le jeune docteur peut aussi, comme LeBlanc, être optimiste quant aux potentialités pratiques de sa recherche.

Regardées avec le recul du temps, la thèse de LeBlanc et celle de Nguyen figurent comme les premières expressions d'un mouvement bien plus vaste qui va s'emparer du monde universitaire à partir du début des années 1970. En effet, on ne compte plus les travaux académiques portant sur la question de l'affectation à l'équilibre<sup>697</sup>. Beaucoup d'entre eux traitent des aspects proprement computationnels, tels que la vitesse d'exécution des différents algorithmes confectionnés et la mémoire de l'ordinateur exigée, et au fur et à mesure que les travaux s'accumulent, on se lance dans des analyses comparatives sur ces aspects de la question<sup>698</sup>. D'autres proposent des extensions des procédures déjà utilisées pour embrasser des configurations nouvelles. Ainsi, alors que les premiers travaux en matière d'affectation à l'équilibre sont centrés sur le cas où les flux entre chaque origine et destination sont fixes – et connus du modélisateur, car issus des étapes précédentes du modèle à quatre étapes par exemple –, on essaie de résoudre le problème de l'affectation à l'équilibre dans une configuration où ces flux ne sont pas stables mais peuvent *varier*. En effet, en faisant l'expérience de la congestion, l'automobiliste peut décider de changer de mode, annuler son voyage, changer de destination..., toute une série d'opérations qui modifient les flux initiaux entre les différentes origines et destinations du réseau – on parle alors de « user equilibrium with variable demand »<sup>699</sup>. Avec le passage d'une « demande fixe » à une « demande variable », on « sort » du modèle *séquentiel* de quatre étapes, pour développer des modèles combinant (intégrant) plusieurs étapes. Ainsi pour le cas où le conducteur décide de changer de destination, on construit des modèles combinés « distribution/affectation », qui deviennent des modèles combinés « choix modal/affectation » pour le cas où ce même automobiliste

---

<sup>697</sup> Sur l'affectation à l'équilibre, la littérature est plus que volumineuse. Voir, par exemple : Yosef Sheffi, *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*, Englewood Cliffs (N.J.), Prentice-Hall, Inc., 1985; E.C. Matsoukis et P.C. Michalopoulos, « Road Traffic Assignment – A Review. Part II : Equilibrium Methods », *Transportation Planning and Technology*, vol. 11, 1986, p. 117-135; M. Patriksson, *The Traffic Assignment Problem : Models and Methods*, *op. cit*; Michael Florian et Donald Hearn, « Network Equilibrium Models and Algorithms », dans M.O. Ball et al. (éd.), *Handbooks in OR &MS*, vol. 8, New York, Elsevier Science, 1995, p. 485-550; Michael Patriksson, « Algorithms for Computing Traffic Equilibria », *Networks and Spatial Economics*, vol. 4, 2004, p. 23-38; Juan de Dios Ortúzar et Luis G. Willumsen, *Modelling Transport*, West Sussex, John Wiley&Sons, 2011 (4e édition).

<sup>698</sup> Voir par exemple, la recherche doctorale de Carolyn Frank, *A Study of Alternative Approaches to Combined Trip Distribution-Assignment Modeling*, Ph.D. dissertation, Department of Regional Science, University of Pennsylvania, 1978 (la thèse est dirigée par David Boyce).

<sup>699</sup> En termes mathématiques, la différence avec la situation précédente est que dans le premier cas, les flux entre les origines et les destinations sont traités comme « constantes » alors que dans l'autre cas comme des « variables ».

déciderait carrément d'abandonner sa voiture pour prendre les transports en commun, et on peut aller jusqu'à un « super-modèle » combiné, intégrant les étapes de distribution, choix modal et affectation<sup>700</sup>. Alors qu'on avait commencé par traiter une seule étape, celle de l'affectation selon le premier principe de Wardrop, en passant d'une demande fixe à une demande variable, on retrouve, mais cette fois en sachant comment les traiter mathématiquement, plusieurs analyses proposées par Beckmann et les deux coauteurs de l'article paru au milieu des années 1950.

Dans le mouvement lancé par les travaux de Dafermos, Dial, LeBlanc et Nguyen, d'autres chercheurs vont, enfin, explorer une troisième voie, en suggérant des déplacements conceptuels dans la façon d'aborder la question de l'affectation à l'équilibre. Ils vont essayer de marier les thèses de tenants de l'affectation « multi-chemin », proposée par un Robert Dial par exemple, avec l'idée de l'affectation à l'équilibre selon le 1<sup>er</sup> principe de Wardrop. Appelée « affectation à l'équilibre avec utilité stochastique » (« Stochastic User Equilibrium » (SUE)), cette approche postule que chaque usager choisit son chemin qui, d'après *sa perception* des choses, minimise le temps de son trajet (les temps perçus sont modélisés comme des variables aléatoires autour du temps « objectif » de la physique). Malgré l'introduction d'un élément stochastique dans le temps de trajet, traduisant la variabilité des perceptions, l'idée de l'équilibre à la « Wardrop » n'en est pas moins sauvée, mais elle s'applique maintenant à l'univers *subjectif*, peuplé de perceptions, des automobilistes : car, en effet, aucun automobiliste, qui cherche comme dans le paradigme déterministe de minimiser son temps de trajet, n'a intérêt à changer d'itinéraire étant donnée *ses propres*

---

<sup>700</sup> Explicitons la différence entre la modélisation à quatre étapes et la modélisation combinée dans le cas d'un modèle combiné « distribution/affectation ». Dans le modèle à quatre étapes, les décisions des individus sont modélisées de façon séquentielle : on décide où aller (étape de distribution) et ensuite quel itinéraire emprunter pour arriver à sa destination. Dans un modèle combiné, on choisit en même temps destination et chemin. Si on se place du point de vue du calcul, dans le cas de la modélisation à quatre étapes, on calcule dans un *premier temps* les flux entre les différentes origines et destinations (on obtient ainsi la matrice « origine-destination ») et *ensuite* on charge cette matrice sur le réseau, et en utilisant une technique d'affectation à l'équilibre par exemple, on calcule les flux sur chaque arc de réseau (sans une boucle de rétroaction entre l'étape d'affectation et l'étape de distribution la modélisation séquentielle manque de consistance : les temps de parcours qu'on obtient à la fin de l'étape de l'affectation ne sont pas nécessairement les mêmes que le temps de parcours qu'on utilise lors de l'étape de distribution, effectué avant qu'on ne procède à l'affectation des flux totaux entre les zones sur les différents arcs du réseau. Pour être rigoureux, il faut introduire une boucle de rétroaction entre l'étape d'affectation et l'étape de distribution pour que les temps de parcours qui interviennent dans les modèles d'affectation et les temps qui interviennent dans le modèle de distribution, le modèle gravitaire, par exemple, soient égaux ou proches. Mais encore, on n'est pas sûr que la convergence du processus itératif soit assurée). Dans le cas d'une modélisation combinée « distribution/affectation », on calcule *en même temps* les flux totaux entre les origines et les destinations (la matrice « origine-destination ») et les flux sur les différents arcs du réseau (et la convergence vers l'équilibre est assurée).

*perceptions* : « At equilibrium (S-U-E) no user believes he can improve his travel by unilaterally changing routes [c'est l'auteur de la citation qui souligne] »<sup>701</sup>.

LeBlanc et Nguyen, ce dernier souvent avec son directeur de thèse Michael Florian, sont très actifs dans les deux premières directions de recherche dont nous avons tracé très rapidement le contour général<sup>702</sup>. En revanche ce sont des chercheurs du MIT, Carlos Daganzo, à l'époque encore « Assistant Professor » au Département du Génie civil de l'établissement localisé dans la région bostonienne et sur le point de déménager à Berkeley, et son étudiant en thèse Yosef Sheffi, un ancien du « Technion Institute of Technology » (Israël), qui seront les promoteurs d'une modélisation selon le principe du « Stochastic User Equilibrium » (SUE)<sup>703</sup>. Coïncidence ? Pas vraiment. Les techniques d'affectation selon SUE mobilisent, en fait, les logiques et les formalismes de la modélisation désagrégée, intensément cultivée à l'époque au MIT (ch. 3). On ne s'étonne donc pas à trouver dans la liste bibliographique de la thèse de Sheffi de nombreuses références à Manheim et son équipe, et l'auteur remercie, par ailleurs, deux jeunes « loups » de la méthode désagrégée, Steven Lerman, membre de son comité de thèse, et Moshe Ben-Akiva « for their constructive comments »<sup>704</sup>.

---

<sup>701</sup>Yosef Sheffi, *Transportation Networks Equilibration with Discrete Choice Models*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, mai 1978, p. 40.

<sup>702</sup> Voir de façon non exhaustive : Larry J. LeBlanc et Keyvan Farhangian, « Efficient Algorithms for Solving Elastic Demand Traffic Assignment Problems and Mode Split-Assignment Problems », *Transportation Science*, vol. 15, n° 4, 1981, p. 306-317 ; Larry J. LeBlanc et Mustafa Abdulaal, « Combined Mode Split-Assignment and Distribution-Modal Split-Assignment Models with Multiple Groups of Travelers », *Transportation Science*, vol. 16, n° 4, 1982, p. 430-442 ; Michael Florian et Sang Nguyen, « A Method for Computing Network Equilibrium with Elastic Demands », *Transportation Science*, vol. 8, 1974, p. 321-332 ; Michael Florian, S. Nguyen et J. Ferland, « On the Combined Distribution-Assignment of Traffic », *Transportation Science*, vol. 9, 1975, p. 43-53 ; Michael Florian, « A Traffic Equilibrium Model of Travel by Car and Public Transit Modes », *Transportation Science*, vol. 11, n° 2, 1977, p. 166-179 ; Michael Florian et Sang Nguyen, « A Combined Trip Distribution Modal Split and Trip Assignment Model », *Transportation Research*, vol. 12, n° 4, 1978, p. 241-246. Pour une vue plus large sur ce domaine de recherches dans les années 1970 et le début des années 1980, le lecteur peut aussi consulter les articles de synthèse suivants: Nathan Gartner, « Optimal Traffic Assignment with Elastic Demands : A Review Part I. Analysis Framework », *Transportation Science*, vol. 14, n° 2, 1980, p. 174-191 ; Nathan Gartner, « Optimal Traffic Assignment with Elastic Demands : A Review Part II. Algorithmic Approaches », *Transportation Science*, vol. 14, n° 2, 1980, p. 192-208 ; Terry L. Friesz, "Transportation Network Equilibrium, Design and Aggregation: Key Developments and Research Opportunities", *Transportation Research Part A*, vol. 19, n° 5/6, 1985, p. 413-427; David E. Boyce, Larry J. LeBlanc et Kyung S. Chon, "Network Equilibrium Models of Urban Location and Travel Choices: A Retrospective Survey", *Journal of Regional Science*, vol. 28, n° 2, 1988, p. 159-183. Pour des références plus récentes, voir J. de Dios Ortúzar et L. G. Willumsen, *Modelling Transport*, *op. cit.*

<sup>703</sup> Carlos F. Daganzo et Yosef Sheffi, « On Stochastic Models of Traffic Assignment », *Transportation Science*, vol. 11, n° 3, 1977, p. 253-274; Y. Sheffi, *Transportation Networks Equilibration with Discrete Choice Models*, *op. cit.*

<sup>704</sup>Y. Sheffi, *Transportation Networks Equilibration with Discrete Choice Models*, *op. cit.*, "Acknowledgements".

On le voit, la décennie qui s'ouvre avec les travaux de LeBlanc et de Nguyen sont riches en travaux, et la question de l'affectation à l'équilibre (selon le premier principe de Wardrop) s'est transformée, au sein de la communauté de scientifiques se réclamant de la discipline de la recherche opérationnelle surtout, en un champ très dynamique, cultivé par les chercheurs, bientôt enseigné par les professeurs. En 1985, le champ sera doté de son traité de référence, produit par Yosef Sheffi, désormais professeur à l'établissement où il avait réalisé sa thèse<sup>705</sup>. Fruit des notes élaborées par l'auteur pour les besoins de deux cours qu'il assure au MIT – l'un postuniversitaire, l'autre « undergraduate » –, le livre ambitionne d'être utilisé comme support pédagogique mais de servir aussi comme outil pour les professionnels de la modélisation des déplacements urbains. Signé par une seule personne, l'ouvrage n'en a pas moins mobilisé une pléiade de spécialistes qui ont lu et commenté des versions successives du manuscrit. Parmi ces derniers, on repère des noms familiers, un Larry LeBlanc et une Stella Dafermos par exemple, ainsi que le superviseur de la recherche doctorale de Sheffi, Carlos Daganzo<sup>706</sup>.

Et la pratique dans tout cela ?

Si les chercheurs n'y pensent pas toujours, en préférant le plus souvent tester leurs idées sur des réseaux de leur cru, l'Administration fédérale, qui finance tout de même plusieurs de ces recherches, y songe. On a vu la réaction immédiate de Robert Dial qui a fait introduire la modélisation de l'affectation à l'équilibre, par l'intermédiaire de la thèse de doctorat de LeBlanc, dans la librairie des programmes informatiques qu'il développe pour la « Urban Mass Transportation Administration » (UMTA), à savoir l'« Urban Transportation Planning System » (UTPS). L'autre grande administration du ministère des Transports américain, la « Federal Highway Administration » (FHWA) pense aussi, en 1977, que les « equilibrium assignment techniques seem to be evolving to a point where they are feasible »<sup>707</sup>. Ses responsables sont en contact avec le bureau d'études dirigé par John Hamburg, le même bureau qui, par l'intermédiaire de Geoffrey Brown, avait aidé Dial à incorporer dans UTPS le travail de LeBlanc (*supra*), pour un projet autour de cette nouvelle technique. Parmi les

---

<sup>705</sup> Y. Sheffi, *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*, *op. cit.*

<sup>706</sup> *Ibid.*, « Preface », p. xvi.

<sup>707</sup> Lettre de John R. Hamburg à John Manko de la « Federal Highway Administration », datée du 4 mars 1977 (Archives personnelles de John R. Hamburg: George Mason University Libraries, C0073, Box 6, Folder 3).

personnes contactées par le bureau de Hamburg pour renforcer leur proposition on trouve LeBlanc<sup>708</sup>. Mais comme la FHWA décide de cesser de développer la librairie informatique qu'elle avait héritée de l'époque du « Bureau of Public Roads » pour soutenir désormais UTPS, les choses s'arrêtent là.

Quelques confrontations entre « l'affectation à l'équilibre » et des vrais réseaux sont tentées aussi ici et là, à commencer par l'étude réalisée par Florian et Nguyen sur le réseau de la ville de Winnipeg (Canada)<sup>709</sup>. En appliquant la solution confectionnée par Nguyen, les auteurs ont obtenu un bon accord entre les prédictions du modèle et les données de terrain, une convergence de l'algorithme vers l'équilibre au bout de 500 (CPU) secondes pour un coût moyen d'ordinateur, un CDC Cyber 74, égal à 290 dollars par exécution. Les auteurs concluent alors que les « results (...) are encouraging » (p. 386).

Que cette étude datée du milieu des années 1970 soit qualifiée encore en 1981 comme « the most thoroughly documented experience »<sup>710</sup> en la matière en dit long sur la rareté des travaux réalisés sur de vrais réseaux. En effet, la littérature est peu loquace en la matière. En 1979, Ronald W. Eash, du « Chicago Area Transportation Study » (CATS), à savoir l'agence urbaine de planification des transports pour l'aire métropolitaine de Chicago, et deux chercheurs, Bruce N. Janson et David Boyce, de la « University of Illinois », avec les encouragements et l'aide de l'Administration fédérale, essaient, preuves à l'appui, de convaincre les praticiens qui participent à la conférence annuelle du « Transportation Research Board » de l'année 1979 de la supériorité de l'affectation à l'équilibre aux méthodes heuristiques de l'affectation à contrainte de capacité. Pour cela, ils comparent les résultats obtenus par différents algorithmes sur une partie du réseau de la région métropolitaine de Chicago contenant tout de même 9400 nœuds et 29000 arcs, et concluent en faveur de l'affectation à l'équilibre<sup>711</sup>. Le même Janson, à l'époque enseignant à « Carnegie-Mellon » (Pittsburgh), aidé par deux collaborateurs, va revenir à la charge au milieu des années 1980. Il

---

<sup>708</sup> *Ibid.*, p. 4.

<sup>709</sup> Michael Florian et Sang Nguyen, « An Application and Validation of Equilibrium Trip Assignment Methods », *Transportation Science*, vol. 10, n° 4, 1976, p. 374-390.

<sup>710</sup> D.E. Boyce, B.N. Janson et R.W. Eash, « The Effect on Equilibrium Trip Assignment of Different Link Congestion Functions », *Transportation Research Part A*, vol. 15A, 1981, p. 223-232 (p. 223).

<sup>711</sup> R.W. Eash, B.N. Janson et D.E. Boyce, « Equilibrium Trip Assignment: Advantages and Implications for Practice », *Transportation Research Board*, n° 728, 1979, p. 1-8. Voir aussi l'étude plus théorique des mêmes auteurs : D.E. Boyce, B.N. Janson et R.W. Eash, « The Effect on Equilibrium Trip Assignment of Different Link Congestion Functions », *op. cit.*

va utiliser la technique de l'affectation à l'équilibre pour prédire l'impact sur le trafic des travaux de reconstruction de la « Parkway East » localisée dans la région de son université : une comparaison avec des volumes observés montre des écarts entre le modèle et la réalité allant de 16% à 28%, ce qui amène les auteurs à conclure qu'un « network equilibrium assignment model can provide good estimates of use's responses to a sudden reduction in the capacity of a major highway »<sup>712</sup>. Une étude similaire concernant la ville d'Eindhoven, présentée lors d'un colloque à Montréal en novembre 1981, arrive également à des conclusions favorables pour l'affectation à l'équilibre<sup>713</sup>.

Mais comme dans le cas de la modélisation désagrégée étudiée dans le chapitre précédent, force est de constater que, en matière de techniques d'affectation à l'équilibre, l'écart entre la profusion de travaux académiques et les applications opérationnelles reste au début des années 1980 béant. Comme dans le cas de la modélisation désagrégée pour l'étape de choix modal, la situation va changer de façon radicale par la suite, et l'affectation à l'équilibre deviendra la méthode standard pour l'étape d'affectation. Et comme dans le cas de la modélisation désagrégée, le rôle du secteur privé s'avérera ici également déterminant. A partir des années 1980, plusieurs firmes vont produire des logiciels commercialisés relatifs à la modélisation des déplacements urbains qui contiennent des techniques d'affectation à l'équilibre. Certaines d'entre elles, qui vont finir par dominer le marché américain, voire mondial, entretiennent, à l'instar de « Cambridge Systematics », acteur central depuis sa fondation en 1972 dans le champ de la modélisation désagrégée, des rapports étroits, voire consanguins, avec l'Académie. Mais pourquoi cette irruption des logiciels commerciaux dans les années 1980 ?

Des événements situés à des échelles différentes, relevant de décisions individuelles pour certains, de décisions administratives pour d'autres, se télescopent au début des années 1980 et conjugent leurs effets pour créer un *espace vide* que des firmes privées produisant et commercialisant des logiciels relatifs à la modélisation des déplacements urbains se précipitent à remplir. En 1981, après dix ans de loyaux services, Robert Dial quitte

---

<sup>712</sup> Bruce N. Janson, Selwyn P.T.Thint et Chris T. Hendrickson, « Validation and Use of Equilibrium Network Assignment for Urban Highway Reconstruction Planning », *Transportation Research Part A*, vol. 20A, n° 1, 1986, p. 61-73 (p. 72). Les auteurs citent une autre confrontation datée de la fin des années 1970, entre la technique d'affectation à l'équilibre et un réseau réel de 3600 noeuds et de 9000 arcs, localisé dans la région métropolitaine de Milwaukee (in *ibid.*, p. 62).

<sup>713</sup> P.H.L. Bovy et G.R.M. Jansen, « Network Aggregation Effects upon Equilibrium Assignment Outcomes : An Empirical Investigation », *Transportation Science*, vol. 17, n° 3, 1983, p. 240-262.



l'Administration fédérale pour le monde académique. Personne n'est irremplaçable, mais certains sont plus difficiles que d'autres à remplacer. Robert Dial est à coup sûr de ceux-là<sup>714</sup>. Rappelons que tout au long des années 1970, il a su mobiliser de nombreux talents pour mettre, et, qui plus est, gratuitement, au service des modélisateurs des déplacements urbains une série de logiciels portant à la fois sur la voiture privée et les transports collectifs et représentant l'état de l'art en la matière. Cette librairie de programmes de l'« Urban Mass Transportation Administration » (UMTA), connue sous le nom d'« Urban Transportation Planning System » (UTPS) est tellement performante que la « Federal Highway Administration » décide vers 1976/77 de s'associer à l'aventure d'UTPS et de ne plus maintenir et développer son propre système de programmes informatiques, hérité du « Bureau of Public Roads », système connu dans les années 1970 sous le nom de PLANPAC/BACKPAC<sup>715</sup>. Le départ de Dial fragilise le projet UTPS mais c'est un geste de l'Administration fédérale qui lui sonne le glas. Celle-ci prend au début des années 1980 une décision grosse de conséquences. Alors que durant les années 1960, avec le « Bureau of Public Roads », et tout au long de la décennie suivante, avec la « Federal Highway Administration » et surtout l'« Urban Mass Transportation Administration », l'Etat fédéral était de loin le principal pourvoyeur programmes informatiques relatifs à la modélisation des déplacements urbains, le même Etat fédéral décide de ne plus jouer ce rôle et de mettre fin à son implication dans la production et la diffusion (gratuite) des logiciels relatifs à ce champ de modélisation. Au début des années 1980, UTPS devient alors un système « figé », bon pour les grands ordinateurs de la décennie précédente.

Il n'est pas toujours facile de scruter les raisons exactes qui ont motivé cette décision. Sont-elles liées aux coûts d'adaptation face à la révolution microinformatique en marche, qui a poussé l'Administration fédérale à ce qui ressemble, au regard de ses performances passées dans ce domaine, au renoncement de son rôle de chef d'orchestre ? Est-ce l'arrivée de Ronald Reagan à la Présidence, accompagnée d'un discours qui prône le désengagement de l'Etat

---

<sup>714</sup> Des cas comme celui de Robert Dial mettent en évidence les limites d'une histoire qui s'appuie uniquement sur des sources écrites (des sources d'archives y compris). Il aurait été, en effet, extrêmement difficile, voire impossible, de se faire une idée juste de la contribution du personnage dans l'évolution du champ de la modélisation des déplacements urbains sans les références régulières, pleines d'admiration et de révérence, que les acteurs du champ ont fait à son égard lors des entretiens que j'ai eus avec eux.

<sup>715</sup> Pour la dernière version de PLANPAC/BACKPAC, voir Federal Highway Administration, *Computer Programs for Urban Transportation Planning: PLANPAC/BACKPAC General Information Manual*, Washington, U.S. Department of Transportation, avril 1977.

fédéral de plusieurs domaines d'activité dont ceux de « Recherche-Développement » ?<sup>716</sup> Quoi qu'il en soit, l'Administration fédérale ne produira jamais l'équivalent de son « Urban Transportation Planning System » (UTPS) pour l'ère de la microinformatique qui s'ouvre en ce début des années 1980, et se contente d'accompagner la transition vers les nouveaux supports, en offrant des cours et de l'assistance technique, ou en sponsorisant des « user groups », par exemple<sup>717</sup>. Sans avoir à craindre désormais une concurrence avec l'Etat fédéral dans ce domaine – rappelons que les logiciels de l'Administration étaient distribués gratuitement aux intéressés –, plusieurs firmes privées se lancent alors dans la production et la diffusion de logiciels pour la modélisation des déplacements urbains, installés dans les (nouveaux) microordinateurs de l'époque, Apple et IBM PC notamment<sup>718</sup>.

Certaines de ces firmes vont s'avérer capables d'introduire dans leurs produits les dernières nouveautés théoriques en matière de modélisation des déplacements urbains dont l'affectation à l'équilibre, objet de ce chapitre. Et comme par hasard, ce sont des compagnies qui entretiennent des rapports très étroits avec le monde académique. Une firme en particulier illustre de façon exemplaire la connexion établie en matière de logiciels traitant de la question de l'affectation à l'équilibre entre le secteur privé et le monde universitaire. C'est INRO, firme canadienne, laquelle, à l'instar de « Cambridge Systematics » qui règne durant les années 1970 et 1980 dans le royaume de la modélisation désagrégée, est fondée aussi par des universitaires. Nous allons retracer les principales étapes qu'a dû franchir le travail académique de Florian et de ses collaborateurs à l'Université de Montréal pour se transformer

---

<sup>716</sup> Plusieurs acteurs interviewés par mes soins ont évoqué le facteur « Reagan ». Des modélisateurs dans le domaine des déplacements urbains parlant au nom de leur communauté évoquent aussi au milieu des années 1980 la « reduction of resources for applied research on short-term problems and the virtual elimination of any basic research orientation by the U.S. Department of Transportation (...) (David E. Boyce, « Foreword », *Transportation Research Part A*, vol. 19A, n° 5-6, 1985, p. 349-350 (p. 349)). Le double numéro de la revue ouverte par le texte précité de Boyce reprend les travaux d'un grand colloque tenu à « Northwestern University » en mars 1985, et durant lequel la communauté des modélisateurs dans les transports fait le point sur l'état de l'art dans leur domaine. Notons enfin que l'évolution des dépenses nationales en matière de « R&D » montrent clairement que, après une phase d'augmentation constante des sommes consacrées par l'Etat fédéral à la recherche civile (1964 à 1980), ces dépenses restent à un niveau stable entre 1980 et 1986 (Voir les graphiques contenues dans : Transportation Research Board, *Transportation Research Circular* : « Adequacy of Research Funding for Transportation Management and Administration Research », n° 355, février 1990, p. 20 notamment).

<sup>717</sup> Department of Transportation, *Microcomputers in Transportation : Software and Source Book*, FHWA and UMTA Technical Assistance Program, Washington, D.C., Revised February 1986, p. I (la première édition de ce guide date de 1982); Frederick W. Ducca et K. Jason, «UTPS on an IBM-AT/370», dans Robert E. Stammer, Jr. et Mark D. Abkowitz (éd.), *Microcomputer Applications in Transportation II*, New York, Published by the American Society of Civil Engineers, 1987, p. 237-240.

<sup>718</sup> Earl Ruitter et Mike Waller, « Microcomputers Software for Transportation Planning », *Transportation Research Record*, n° 932, 1983, p. 3-8 (p. 7).

en un logiciel commercial promis à une carrière internationale. Mais avant de le faire, nous aimerions donner une vue panoramique de cet espace laissé vacant après le retrait de l'Administration et vite rempli par plusieurs firmes productrices de logiciels commerciaux.

Les premiers producteurs de tels logiciels sont dans leur majorité des bureaux d'études, ou des acteurs associés d'une façon ou d'autre à ces bureaux, déjà en place et spécialisés dans la modélisation des déplacements urbains<sup>719</sup>. La capacité de ces acteurs à produire des logiciels commercialisés est directement liée à leur familiarité avec les logiciels produits et diffusés par l'Administration fédérale dans les années 1960 et 1970, à la production desquels plusieurs membres de ces firmes avaient largement contribué. C'est le cas de « COMSIS Corporation », créée au tout début des années 1970<sup>720</sup>, au moment du démantèlement du « Bureau of Public Roads » (BPR) – son absorption par la « Federal Highway Administration » disent les histoires officielles –, par Arthur B. Sosslau, un ancien du BPR<sup>721</sup>, parmi les experts en informatique de l'institution, personnellement impliqué, entre autres, dans l'écriture de plusieurs modules dans la librairie des programmes développée sous la direction du BPR au début des années 1960<sup>722</sup>. Un autre membre de COMSIS, Larry R. Seiders, avait aussi un passé au « Bureau of Public Roads » et beaucoup participé également à la fabrication de la

---

<sup>719</sup> Pour une liste de ces logiciels et des acteurs qui les commercialisent, voir : Department of Transportation, *Microcomputers in Transportation : Software and Source Book*, op. cit. ; Robert H. Byers P.E., « Evaluation and Testing of Travel Demand Software », dans Robert E. Stammer, Jr. et Mark D. Abkowitz (éd.), *Microcomputer Applications in Transportation II*, op. cit., p. 227-236 ; Richard S. Marshment, « Transportation Systems Forecasting Using Microcomputer Models », dans Mark D. Abkowitz et Robert Stammer, Jr. (éd.), *Microcomputer Applications Within the Urban Transportation Environment*, New York, Published by the American Society of Civil Engineers, 1985, p. 107-115; et surtout l'étude comparative menée par Texas Transportation Institute : Duk M. Chang, Vergil G. Stover et George B. Dresser, *A Comparison of Microcomputer Packages for Network-Based Highway Planning*, College Station (Texas), Texas Transportation Institute, Texas A&M University, octobre 1988 (voir notamment p. 18-21 pour les techniques d'affectation incorporées dans les logiciels : on apprend qu'à l'époque du rapport l'affectation à l'équilibre est incorporée dans les logiciels MinUTP et TRANPLAN et « maybe » dans MicroTRIPS).

<sup>720</sup> Le plus ancien document que j'ai pu identifier avec COMSIS comme auteur est: COMSIS Corporation, *Airport Access Study: Impact of Airport-oriented Vehicle Trips on Highway Facilities*, Federal Highway Administration, 1972. Déjà pour l'année 1973, on enregistre une dizaine de rapports pondus par la firme, dont un rapport très cité sur l'étape d'affectation : COMSIS, *Traffic Assignment: Methods, Applications, Products*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, août 1973.

<sup>721</sup> Voir par exemple : Lee Mertz, *Memories of 499* (<http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/memories.cfm> : 12 décembre 2012) ; A. B. Sosslau et G. E. Brokke, « Appraisal of Sample Size Based on Phoenix O-D Survey Data », *Highway Research Board Bulletin*, n° 253, 1960; A.J. Balel et A. B. Sosslau, « Evaluation of a New Modal Split Procedure and Discussion », *Highway Research Record*, n° 88, 1965, p. 44-68.

<sup>722</sup> Voir par exemple : U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, Urban Planning Division, *Traffic Assignment Manual for Application with a Large, High Speed Computer*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, juin 1964, programmes n° 10, 13, 15; U.S. Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Office of Planning, *Calibrating and Testing a GRAVITY MODEL with a Small Computer*, Washington, U.S. Government Printing Office, octobre 1963, p. XII-1.

bibliothèque informatique du BPR tout au long des années 1960<sup>723</sup>. MinUTP, tel est le nom du produit commercialisé par COMSIS au début des années 1980, est, du fait de ces connexions, en grande partie une version pour microordinateurs de la librairie des programmes de l'Administration fédérale. Tel est aussi le cas, et pour des raisons similaires, de deux autres systèmes de logiciels présents sur le marché au début des années 1980. MicroTRIPS, commercialisé à l'époque par « PRC Voorhees » aux Etats-Unis<sup>724</sup> et « MVA Systematica » en Europe<sup>725</sup>, hérite du travail effectué dans les années 1960 par les membres du bureau fondé par Alan Voorhees en 1961, dont Robert Dial (ch. 2). TRANPLAN (« TRANsportation PLANning ») est un système de logiciels développés à partir du début des années 1960 par le grand adversaire de IBM de l'époque « Control Data Corporation » en collaboration avec l'une des plus vieilles firmes spécialisées dans la planification des transports, « Deleuw, Cather & Co » (ch. 1), et avec l'aide décisif du bureau fondé par Alan M. Voorhees en 1961<sup>726</sup>. Toutes ces firmes avaient beaucoup travaillé pour le compte de l'Administration fédérale dans les années 1960 et 1970, et plusieurs parties des librairies informatiques relatives à la modélisation des déplacements urbains bâties et diffusées sous l'égide de l'Etat fédéral étaient le produit de l'action de leurs membres.

On pourrait donner d'autres exemples de logiciels commercialisés dans les années 1980 qui se contentent, en échangeant les « mainframes » contre des « microcomputers », de reproduire plus ou moins – et souvent moins<sup>727</sup> – la structure et les performances des logiciels de

---

<sup>723</sup> Bureau of Public Roads, Federal Highway Administration, U.S Department of Transportation, *Calibrating & Testing a GRAVITY MODEL for any Size Urban Area*, op. cit., p. A-62; *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*: vol. 1, n° 1, 15 juillet 1963, p. 2; vol. 1, n° 4, 1 mai 1964, p. 14; Transportation Planning Program Exchange Group, *T-PEG Newsletter*, printemps 1967, p. 2; Transportation Planning Program Exchange Group, *T-PEG Newsletter*: automne 1967, p. 9; printemps 1968, p. 2. A la fin des années 1960, Seiders travaillait pour «The Service Bureau Corporation» (IBM).

<sup>724</sup> « PRC Voorhees » est l'héritière américaine du bureau d'études fondé par Alan M. Voorhees en 1961. Le bureau est racheté par « Planning Research Corporation » (PRC) en 1967, tout en restant, pendant les années 1970, une filiale indépendante.

<sup>725</sup> « MVA Systematica » est aussi un rejeton du bureau d'études fondée par Voorhees. En effet, en 1968, Alan Voorhees ouvre une filiale à Londres, à la tête de laquelle on trouve le britannique Brian Martin, l'ex-collaborateur de Manheim au MIT (*supra*). La filiale anglaise de Voorhees, appelée quelques années plus tard « Martin and Voorhees Associates » fonde alors en 1980 « Systematica », qui devient le « bras » informatique de ses activités de consulting.

<sup>726</sup> Voir à titre indicatif : *Newsletter of the Transportation Planning Computer Program Exchange Group*, vol. 2, n° 1, 15 août 1964, p. 5; vol. 2, n° 2, 16 novembre 1964, p. 1-3; vol. 2, n° 3, 15 février 1965, p. 19-20 ; *Newsletter Transportation Planning Program Exchange Group T-PEG*, October 1, 1971 Meeting Washington, D.C., p. 4; *Newsletter Transportation Planning Program Exchange Group T-PEG*, Minutes of October 20, 1969, San Francisco Meeting, p. 11-16.

<sup>727</sup> Ainsi MinUTP et TRANPALN n'intègrent pas dans leurs premières versions l'affectation à l'équilibre, pourtant présent dans le module UROAD de la librairie de programmes UTPS de l'Administration fédérale (voir

l'Administration fédérale des années 1960 et 1970. Disons ici que contrairement au « trio » composé par MinUTP, MicroTRIPS et TRANPALN, qui va réussir, suite à de multiples métamorphoses – dont des « fusions » entre les acteurs qui commercialisent ces logiciels –, à continuer à servir jusqu'à nos jours aussi bien aux États-Unis qu'à travers le monde, les autres produits informatiques commercialisés au début des années 1980 ne vont pas survivre à la concurrence qui va très vite s'instaurer sur ce nouveau marché rendu possible par la décision de l'Administration fédérale de ne plus maintenir et faire évoluer ses logiciels sur les nouveaux supports informatiques. Les producteurs des MinUTP, MicroTRIPS et TRANPLAN auront également à faire évoluer leurs produits pour résister aux assauts de nouveaux entrants qui présentent des caractéristiques originales et inédites : ils font partie du, ou entretiennent des rapports très étroits avec le, monde académique.

Ce sont des universitaires de l'Université de Montréal qui vont les premiers transformer les résultats de leurs recherches académiques, sur l'affectation à l'équilibre en particulier, en un produit commercial à la carrière internationale. L'opération prendra du temps, plus de dix ans. Elle n'est pas planifiée d'avance, mais elle émerge et se cristallise au milieu des rencontres et des opportunités à saisir<sup>728</sup>. C'est Michael Florian qui sera le chef d'orchestre de l'opération, déroulée au sein de l'Université de Montréal, que ce dernier intègre en 1969 *via* le nouveau « Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle » (DIRO), fondé quelques ans auparavant, en 1966<sup>729</sup>. Florian est né en Roumanie en 1939<sup>730</sup>, mais il fait ses études sur le sol américain. Il obtient ainsi un diplôme en génie mécanique, délivré par « McGill University » à Montréal, et devient titulaire d'un Ph.D. en recherche opérationnelle obtenu aux États-Unis, à « Columbia University » en 1966<sup>731</sup>. Au moment où Florian intègre

---

Duk M. Chang, V.G. Stover et G. B. Dresser, *A Comparison of Microcomputer Packages for Network-Based Highway Planning*, *op. cit.* ; Price, Williams & Associates, Inc., *Proceedings of the UTPS User's Forum*, *op. cit.*).

<sup>728</sup> Michael Florian va donner lui-même un historique de cette aventure dans : Michael Florian, *Models and Software for Urban and Regional Transportation Planning : The Contributions of the Center for Research on Transportation*, INFOR, vol. 46, n° 1, février 2008, p. 29-50 (p. 29).

<sup>729</sup> Bref historique officiel du Centre dans : Faculté des arts et des sciences-Département d'informatique et de recherche opérationnelle, *Le DIRO : 1966-2006, 40 ans et toujours à l'avant-garde*, Université de Montréal, brochure sans date. Pour une galerie de portraits des fondateurs et des premiers membres du Département, voir : [http://www.iro.umontreal.ca/~echo/40e\\_Web/Profs.html](http://www.iro.umontreal.ca/~echo/40e_Web/Profs.html) (consulté le 4 mai 2012).

<sup>730</sup> Quand je ne donne pas de références, les informations proviennent du CV de Michael Florian, aimablement mis à ma disposition lors de mon séjour à Montréal en juin 2011 par l'auteur, qui m'a accordé également un entretien.

<sup>731</sup> Michael Florian-Iosipovici, *Deterministic Production Planning Models with Capacity Constraints and Concave Costs*, Ph.D. dissertation, Columbia University, 1969.

l'Université, il n'est pas un spécialiste de la modélisation des déplacements urbains. Il va le devenir suite à la création, à la fin de l'année 1971, au sein de l'Université de Montréal, du « Centre de Recherche sur les Transports » (CRT : « Center for Research on Transportation » en anglais), que Florian va diriger par ailleurs entre 1973 et 1979. CRT devient actif en 1972, année où la « Ford Motor Company of Canada », poursuivant une longue tradition états-unienne de mécénat privé en matière de recherche<sup>732</sup>, accorde à l'université québécoise une aide financière substantielle – le nom du programme est : « Analysis and Control of Urban Transportation Networks » –, qui sera utilisée par Florian et ses collaborateurs pour développer un programme de recherche théorique dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains. Profitant de cette manne financière, Florian et les quelques chercheurs du « Centre de Recherche sur les Transports » de l'époque – dont Pierre Robillard, mathématicien canadien, titulaire d'un doctorat de l'« University of North Carolina at Chappel Hill, en 1969, disparu tragiquement dans un accident de voiture en janvier 1975<sup>733</sup>, et Marc Gaudry (né en 1942), économiste des transports, titulaire d'un doctorat également états-unien, obtenu à « Princeton University » en 1973<sup>734</sup> – vont s'aventurer dans le champ de la modélisation des déplacements urbains, en centrant leurs efforts sur la partie « affectation », à savoir la dernière étape de la modélisation à quatre étapes.

Ce choix n'est pas le fruit du hasard. Nous avons vu, en effet, qu'au tournant des années 1960 et 1970 plusieurs spécialistes de la recherche opérationnelle essaient de mettre leurs compétences mathématiques au service du problème de l'affectation à l'équilibre, sujet de recherche de pointe à l'époque. Si Florian et Robillard sont des béotiens en matière de modélisation des déplacements urbains, ils sont en revanche fort bien outillés de par leur formation mathématique de base pour lire et assimiler à grands pas la littérature disponible – les travaux de Dafermos et de Dial en particulier ; le texte classique, paru en 197, de ce dernier est annoté par la main de Robillard le 17 avril 1972, qui note « Très fort – à revoir

---

<sup>732</sup> Sur la place du mécénat dans le financement et la production de connaissances scientifiques aux Etats-Unis voir en premier lieu les analyses et les informations contenues dans Philip Mirowski et Esther-Mirjam Sent, « The Commercialization of Science and the Responses of STS », dans Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch et Judy Wajcman (éd.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (3<sup>e</sup> éd.), Cambridge (Mass), The MIT Press, 2008, pp. 635-689.

<sup>733</sup> Pierre Robillard, *Combinatorial Problems in the Theory of Factorial Designs and Error Correcting Codes*, Ph.D. dissertation, The University of North Carolina at Chapel Hill, 1969 (référéncée dans *The Annals of mathematical Statistics*, vol. 41, n° 3, juin 1970, p. 1159-1171 (p. 1166)).

<sup>734</sup> Marc Gaudry, *The Demand for Public Transit in Montréal and its Implications for Transportation Planning and Cost-Benefits Analysis*, Ph.D. dissertation, Princeton University, 1973.

sérieusement »<sup>735</sup> –, avant de commencer à l’enrichir par leurs propres contributions<sup>736</sup>. A peine quelques années après sa création officielle, le « Centre de Recherche sur les Transports » est bien installé dans le paysage. Ses chercheurs publient beaucoup, entrent en contacts informels avec des collègues influents comme Manheim au MIT<sup>737</sup>, ils organisent des manifestations internationales, à l’instar d’une conférence tenue à Montréal les 21-23 novembre 1974<sup>738</sup>, où parmi les intervenants on rencontre plusieurs noms vus dans ce chapitre, à l’instar des Beckmann, Dafermos, LeBlanc, Manheim et Dial. Des doctorants talentueux, comme Sam Nguyen déjà mentionné, affluent également<sup>739</sup>. Des institutions extra-académiques enfin sont séduites par l’éventuelle portée opérationnelle des travaux du Centre, pourtant d’une grande technicité mathématique.

CRT reçoit alors, en 1976, une aide financière de la part du « Transportation Development Agency of Transport Canada » pour développer et surtout tester sur un site réel un modèle multimodal d’affectation à l’équilibre, construit progressivement sur la base des travaux du Centre, dont de nombreuses recherches doctorales. Le projet, mobilisant du côté de

---

<sup>735</sup> Il s’agit du texte de Robert B. Dial, « A Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model Which Obviates Path Enumeration » *Transportation Research*, *op. cit.* (L’exemplaire annoté de cet article que j’ai consulté m’a été communiqué par le Professeur Robert Chapleau, qui, en plus de l’entretien qu’il m’a accordé en juin 2011, a mis à ma disposition plusieurs documents réunis au centre de recherche qu’il dirige à l’Ecole polytechnique de Montréal (ces documents, quand ils seront cités, seront accompagnés par la mention: « Collection Personnelle de Robert Chapleau »).

<sup>736</sup> Nous avons déjà cité plusieurs travaux de Michael Florian. Mentionnons ici un article supplémentaire de lui et deux autres articles signés par Robillard, tous les trois en référence aux travaux de Robert Dial justement : Michael Florian et Bennett Fox, « On the Probabilistic Origin of Dial’s Multipath Traffic Assignment Model », *Transportation Research*, vol. 10, 1976, p. 339-341 ; Pierre Robillard, « Multipath Traffic Assignment with Dynamic Input Flows », *Transportation Research*, vol. 8, 1974, p. 567-573 ; Pierre Robillard, « Calibration of Dial’s Assignment Method », *Transportation Science*, vol. 8, n° 2, mai 1974, p. 117-125.

<sup>737</sup> Archives personnelles de Marvin Manheim: Massachusetts Institute of Technology, MC 330, Box 8, Folder 16.

<sup>738</sup> Les Actes de la conférence sont édités par Michael Florian (éd.), *Traffic Equilibrium Methods* (Proceedings of The International Symposium Held at the Université de Montréal, November 21-23, 1974), Berlin, Springer-Verlag, 1976.

<sup>739</sup> Voir par exemple : S. Nguyen, *Une approche unifiée des méthodes d’équilibre pour l’affectation du trafic*, *op. cit.* ; Claude Chriqui, *Réseaux de transports en commun : les problèmes de cheminement et d’accès*, Thèse présentée à la faculté des études supérieures en vue de l’obtention du *Philosophiae Doctor* (Informatique), Université de Montréal, avril 1974 (directeur de thèse : Pierre Robillard) (l’auteur « remercie le Professeur Michael Florian pour ses judicieux conseils, son aide et son intérêt dans notre projet », in *ibid*, « Remerciements ») ; Robert Chapleau, *Réseaux de Transport en Commun : Structure Informatique et Affectation*, Thèse présentée à la faculté des études supérieures en vue de l’obtention du *Philosophiae Doctor* (Informatique), Université de Montréal, juin 1974 (directeur : Pierre Robillard) ; René Dionné, *Une analyse théorique et numérique du problème du choix optimal d’un réseau de transport sans congestion*, Thèse présenté à la faculté des études supérieures en vue de l’obtention du *Philosophiae Doctor* (Informatique), Université de Montréal, octobre, 1974 (directeur : M. Florian).

l'université de Montréal onze personnes au total<sup>740</sup>, est nommé, juste après le début des opérations en juin 1976, EMME (Equilibre Multimodal/Multimodal Equilibrium)<sup>741</sup>, et le site de l'expérimentation choisi est la ville de Winnipeg, sur laquelle Florian et Nguyen avaient déjà testé l'algorithme mis au point par ce dernier dans sa thèse<sup>742</sup>. Deux ans et demi plus tard, les résultats du projet sont cosignés dans un rapport<sup>743</sup> et présentés durant la rencontre annuelle du « Transportation Research Board » à Washington<sup>744</sup>. « It is certain that we achieved the goal of the project », déclarent les auteurs du rapport, « which was to show that internally-coherent planning model, such as EMME, which integrate the modal split function with road and transit assignment provides refined and detailed evaluations of contemplated scenarios which would not to be otherwise possible »<sup>745</sup>. Est-ce qu'on est prêt pour autant à passer à l'étape suivante, l'utilisation d'EMME par les praticiens? Les auteurs du rapport continued : « The success or failure of a computer based transportation planning method depends to a large extent on the *ease of interface* with the user. It is imperative to provide relatively easy ways of entering, validating and modifying the necessary data, of using the computational capabilities of the method and of interpreting the results. A main conclusion of our work is that a comprehensive data bank and a *good set of graphical outputs* of the results go a long way to make the method useful to the planner [c'est nous qui soulignons chaque fois] »<sup>746</sup>.

---

<sup>740</sup> Ces personnes sont : Michael Florian ("Project Director"), Claude Achim, Robert Chapleau, Caroline Fisk, Serge Galarneau, Linda James-Lefebvre, Jacques Lefebvre, Sang Nguyen (« Project Team ») ; Paul Bratley, Robert Cléroux et Marc Gaudry (« Consultants »).

<sup>741</sup> "Please find enclosed a progress report on the project of the 'Demonstration of an Integrated Multimodal Urban Transportation Planning Method'. We have chosen to call the project EMME (Equilibre Multimodal/Multimodal Equilibrium") and we shall make reference to the project in this way in all the related reports and documentation" (Michael Florian (On behalf of the team of Project EMME), MEMORANDUM To : Mr... , Centre de Recherche sur les Transports/Université de Montréal, octobre 8, 1976 ("Collection Personnel de Robert Chapleau")).

<sup>742</sup> M. Florian et S. Nguyen, "An Application and Validation of Equilibrium Trip Assignment Methods, *op. cit.*

<sup>743</sup> *EMME : Equilibre Multimodal/Multimodal Equilibrium, Summary Report*, Prepared by Centre de Recherche sur les Transports, Université de Montréal for the Urban Transportation Research Branch of Canadian Surface Transportation Administration Transport Canada, janvier 1979. Le rapport contient un historique du déroulement du projet (« Brief Overview of Project History », in *ibid.*, p. 2-12).

<sup>744</sup> M. Florian, R. Chapleau, S. Nguyen, C. Achim, L. James-Lefebvre, S. Galarneau, J. Lefebvre et C. Fisk, « Validation and Application of an Equilibrium-Based Two-Mode Urban Transportation Planning Method (EMME) », *Transportation Research Record*, n° 728, 1979, p. 14-23.

<sup>745</sup> *EMME : Equilibre Multimodal/Multimodal Equilibrium, Summary Report, op. cit.*, p. 118. Si on avait disposé de plus d'espace, nous aurons aimé procéder à une analyse serrée des énoncés (« il est certain que... », « il est peu probable que... ») des modélisateurs et des moyens rhétoriques qu'ils utilisent pour emporter l'adhésion du lecteur à leurs conclusions (sur ces questions, voir le classique : Bruno Latour et Steve Woolgar, *La vie de laboratoire : la production des faits scientifiques* (1979), Paris, La Découverte, 1988).

<sup>746</sup> *EMME : Equilibre Multimodal/Multimodal Equilibrium, Summary Report, op. cit.*, p. 118.



En 1980, arrive au sein du « Centre de Recherche sur les Transports » un jeune européen, Heinz Spiess, pour réaliser sa thèse sous la direction de Florian. Spiess ne sera pas quelqu'un qui se prépare nécessairement pour une carrière universitaire. Il a une mission : rendre, en collaboration avec d'autres membres du CRT, EMME un outil opérationnel aux mains des praticiens, et Spiess s'y applique. Sa thèse comporte, en effet, plusieurs nouveautés, entre autres un modèle d'affectation pour les transports collectifs, mais surtout l'« outil interactif – graphique pour la planification de réseaux de transport urbain »<sup>747</sup> tant attendu. Spiess est bien outillé pour cette dernière contribution. Avant de quitter le vieux monde, il travaillait comme ingénieur pour un bureau d'études suisse spécialisé dans la planification des transports urbains, dirigé par un certain Matthias H. Rapp<sup>748</sup>, que Florian avait rencontré à l'occasion d'un voyage en Suisse en 1976<sup>749</sup>. Or Rapp est un pionnier de l'usage des méthodes graphiques interactives dans le domaine des transports, et ce depuis sa thèse de doctorat aux Etats-Unis en 1972, financée par l'Administration fédérale, et pendant laquelle il avait travaillé avec le grand spécialiste du domaine à l'époque, Jerry B. Schneider<sup>750</sup>.

EMME/2 est créé. Le logiciel est présenté, juste avant la finition du projet, par Florian, Spiess et les autres membres de l'équipe devant un large public d'académiques et de professionnels lors de la rencontre annuelle du « Transportation Research Board » en 1982<sup>751</sup>, et EMME/2 devient « the first interactive graphic microcomputer-based turnkey system that has reached

---

<sup>747</sup> Heinz Spiess, *Contributions à la théorie et aux outils de planification des réseaux de transport urbain*, Thèse présentée à la faculté des études supérieures en vue de l'obtention du *Philosophiae Doctor* (Informatique), Université de Montréal, octobre, 1984 (directeur : M. Florian), « Sommaire ».

<sup>748</sup> Sur le « Rapp Group » et sa (longue) histoire, voir : <http://www.rapp.ch/en/gruppe/organisation.php> (27 février 2013).

<sup>749</sup> Michael Florian, « The Academic Perspective on the Development of Interactive Graphics », dans Kenneth J. Dueker et Ross Roberts (éd.), *Proceedings of a Workshop on Interactive Graphics for Transportation Planners*, October 22-23, 1984, Center for Urban Studies, School of Urban and Public Affairs, Portland State University, p. 13. Sur la contribution de Spiess au « Transit Network Optimization Program (TNOP) », un produit de la firme de Rapp, voir *ibid.*, p. 14.

<sup>750</sup> Mathias Hans Rapp, *Planning Demand-Adaptive Urban Public Transportation Systems: The Man-Computer Interactive Graphic Approach*, Ph.D. dissertation, Departments of Planning and Civil Engineering, University of Washington, Seattle, juin 1972. Spiess cite les travaux de son ex-patron dans sa thèse (voir par exemple : H. Spiess, *Contributions à la théorie et aux outils de planification des réseaux de transport urbain*, *op. cit.*, p. 294). Sur les applications des « computer graphics » à la planification des transports et autres problèmes d'ingénieur dans les années 1970 et le début des années 1980, voir le (excellent) article de synthèse de Jerry B. Schneider, « A Review of a Decade of Applications of Computer Graphics Software in the Transportation Field », *Comput. Environ. Urban Systems*, vol. 9, n° 1, 1984, p. 1-20.

<sup>751</sup> André Babin, Michael Florian, Linda James-Lefebvre et Heinz Spiess, « EMME/2 : Interactive Graphic Method for Road and Transit Planning », *Transportation Research Record*, n° 866, 1982, p. 1-9.

the marketplace »<sup>752</sup>. Parmi ses premiers clients figure METRO, l'agence urbaine de planification de transports de Portland (Oregon), cliente depuis 1976 de la librairie informatique au nom de UTPS développée par l'Administration fédérale dans les années 1970. METRO décide d'acheter EMME/2 en 1983<sup>753</sup>, l'acheteur se félicite publiquement de son choix<sup>754</sup>, et la carrière commerciale de EMME/2 est alors lancée pour du bon. En 1984, l'entreprise INRO, organisme privé créé en 1976 par Florian, obtient de l'université de Montréal le droit de distribution d'EMME/2 et assure son développement futur ainsi que sa commercialisation<sup>755</sup>. EMME/3 est sorti en février 2007, et à la fin de l'année, le produit de la firme canadienne est présent dans soixante-dix sept pays et est utilisé par plus de neuf cents acteurs (institutionnels)<sup>756</sup>. EMME 4 est disponible enfin depuis peu<sup>757</sup>. Ce succès n'est pas dû au hasard ; il est le fruit d'un travail scientifique et commercial à la fois. Au début de l'année 2012, INRO mobilisait plus de trente personnes hautement qualifiées, parmi lesquels six détiennent un Ph.D. et neuf autres un Master<sup>758</sup>. Mais le travail de « marketing » est également très élaboré. La diffusion du produit s'appuie sur un large réseau de distributeurs à travers le monde – dix-sept pour l'année 1998<sup>759</sup> –, et INRO offre à ses utilisateurs plusieurs services : du support technique, mais aussi des cours, qui, à en croire certains des participants ne portent pas seulement sur le logiciel mais sur la modélisation des déplacements urbains également. La compagnie a facilité enfin l'organisation régulière de conférences et d'ateliers de travail par et pour les utilisateurs du produit – la 1<sup>ère</sup> conférence internationale a eu lieu en 1986 – et héberge sur son site des forums de discussion en ligne<sup>760</sup>.

---

<sup>752</sup> J. B. Schneider, « A Review of a Decade of Applications of Computer Graphics Software in the Transportation Field », *op. cit.*, p. 9.

<sup>753</sup> Andy Cotugno, « The Application of the EMME/2 System in Portland, Metro Case Study », dans K. J. Dueker et R. Roberts (éd.), *Proceedings of a Workshop on Interactive Graphics for Transportation Planners*, *op. cit.*, p. 36-38.

<sup>754</sup> Kenneth J. Dueker, Rishinath L. Rao, Andrew Cotugno, Keith Lawton et Richard Walker, *The Impact of EMME/2 on Urban Transportation Planning: A Portland Case Study*, School of Urban and Public Affairs, Portland State University, Portland, Oregon, août 1985.

<sup>755</sup> On peut suivre de près les évolutions du logiciel entre 1986 et 1998 à travers le bulletin : *EMME/2 News* (<http://emme2.enif.ch/e2news/> : consulté le 27 février 2013).

<sup>756</sup> M. Florian, *Models and Software for Urban and Regional Transportation Planning...*, *op. cit.*, p. 45.

<sup>757</sup> Le site de l'INRO <http://www.inro.ca/fr/index.php> (26 février 2013) est très riche en informations sur les produits et les activités de la firme.

<sup>758</sup> Nos calculs à partir des données trouvées à l'adresse : [http://www.inro.ca/en/about\\_inro/staff.php](http://www.inro.ca/en/about_inro/staff.php) (consulté le 28 décembre 2011).

<sup>759</sup> <http://emme2.enif.ch/e2news/news20/node21.html#SECTION00014700000000000000> (consulté le 27 février 2013).

<sup>760</sup> Des informations très précises sur tous ces thèmes sont accessibles à partir de l'adresse : [http://www.inrosoft.com/en/about\\_inro/index.php](http://www.inrosoft.com/en/about_inro/index.php) (22 février 2013).

L'exemple d'INRO fera des émules. Fondée en 1983 dans la région de Boston, « Caliper »<sup>761</sup> partage plusieurs traits avec son concurrent canadien. Son fondateur et Président, Howard L. Slavin, après avoir fait le trajet Los Angeles - Cambridge (Mass.), où il a rencontré Ben-Akiva et a travaillé même avec Lerman, a fini son parcours académique avec un Ph.D. obtenu en Angleterre (université de Cambridge)<sup>762</sup>. Une fois rentré au pays, il travaille pour l'Administration fédérale au « U.S. Department of Transportation », qu'il quitte au moment où Reagan arrive au pouvoir. Après un bref passage au bureau d'études bostonien « Charles River Associates », il se lance dans la création de « Caliper ». Le produit qui introduit la firme dans le marché des logiciels relatifs à la modélisation des déplacements urbains s'appelle TransCAD et sort en 1988<sup>763</sup>. L'équipe de conception est de petite taille – de cinq à six personnes au milieu des années 1980 – mais compte plusieurs Ph.D. et Masters. Nous avons présenté Howard Slavin. L'autre co-fondateur de Caliper, Eric Adam Ziering, aujourd'hui responsable du « Software Business Unit » du bureau d'études « Cambridge Systematics », est un ancien du MIT en génie civil et titulaire d'un Master du même établissement<sup>764</sup>. Caliper peut compter aussi à cette époque sur les compétences en recherche opérationnelle de Howard J. Simkowitz, titulaire d'un Ph.D. en 1971<sup>765</sup>, ancien fonctionnaire au ministère des Transports américain, très attentif aux évolutions touchant à la microinformatique au début des années 1980<sup>766</sup>. Parmi les éléments originaux de TransCAD, qui lui donne un avantage comparatif par rapport aux autres logiciels de l'époque, ont compte le mariage au sein d'une seule entité d'un « Système d'Information Géographique » (SIG) et d'une série de modèles relatifs aux déplacements urbains<sup>767</sup>. TransCAD sera un succès – en 2006, on enregistre plus

---

<sup>761</sup> <http://www.caliper.com/> (27 février 2013).

<sup>762</sup> Howard L. Slavin, *The transport of goods and urban spatial structure*, Ph.D. dissertation, University of Cambridge, 1979. Quand je ne donne pas de références les informations sont tirées d'un entretien avec l'auteur à Newton (Mass.), le 22 juin 2011.

<sup>763</sup> <http://www.caliper.com/ovuabout.htm> (25 février 2013).

<sup>764</sup> Eric Adam Ziering, *Framework for the Development of a Massachusetts State Highway Access Policy*, Master Thesis, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1979. Une brève notice biographique se trouve à l'adresse : [http://www.camsys.com/com\\_leader.htm](http://www.camsys.com/com_leader.htm) (27 février 2013).

<sup>765</sup> Howard J. Simkowitz, *Common Carrier Vehicle Scheduling over Multi-Link Networks by Optimal Trip Path Estimations*, Ph.D. dissertation, Graduate School of Arts and Sciences, University of Pennsylvania, 1971.

<sup>766</sup> Marvin Manheim et Howard Simkowitz, « An Introduction to Microcomputers in Transportation: Implications for the Future », *Transportation Research Record*, n° 932, 1983, p. 1-2.

<sup>767</sup> Voir par exemple : Howard J. Simkowitz, « Transportation Applications of Geographic Information Systems », *Comput. Envir. and Urban Systems*, vol. 12, 1988, p. 253-271; H. Simkowitz, « Integrating Geographic Information System Technology and Transportation Models », *Transportation Research Board*, n° 1271, 1990, p. 44-47. Pour des éléments contextuels sur les GIS et la planification des transports à la fin des

de 800 organisations qui l'utilisent à travers le monde<sup>768</sup> –, et sa réussite s'explique, en partie du moins, par le fait que « Caliper », comme INRO avec son logiciel EMME, réussit à incorporer régulièrement dans TransCAD les dernières avancées en matière de modélisation des déplacements urbains, notamment celles qui concernent l'étape d'affectation<sup>769</sup>. Ainsi la firme va entamer depuis le milieu des années 1990 une collaboration avec Robert Dial – toujours producteur d'algorithmes, décidément un acteur-clé dans le champ de la modélisation urbaine depuis les années 1960 –, et dont le récent travail est incorporé dans TransCAD 5.0<sup>770</sup>. Comme INRO, « Caliper », forte aujourd'hui d'une trentaine de personnes, peut aussi s'appuyer sur plusieurs détenteurs de Ph.D. (voir aussi ch. 8), tout en puisant massivement dans le stock « local » des diplômés du MIT, ceux-ci comptant pour la moitié de ses effectifs. Et comme dans le cas d'INRO, « Caliper » propose aux utilisateurs du TransCAD toute une gamme de services, du support technique à des cours d'initiation (au prix de 1500 dollars aujourd'hui), tout en hébergeant un « User Center » pour les utilisateurs de son produit<sup>771</sup>.

Un autre logiciel également largement employé aux Etats-Unis illustre de nouveau l'importance croissante de la recherche académique pour la pratique dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains. QRS II (« Quick Response System II »)<sup>772</sup> est utilisé,

---

années 1980, voir : David Bartholomew Kaatrud, *A Decision Strategy for the Use of a Geographic Information System for Metropolitan Transportation Planning*, Master Thesis, Department of Urban Studies and Planning, Massachusetts Institute of Tehnology, septembre 1989,

<sup>768</sup> *The Urban Transportation Monitor*, 29 septembre, 2006, p. 15.

<sup>769</sup> « Caliper » sera par ailleurs parmi les quatre « gagnants » d'un appel d'offres lancé en juillet 1992 par la « Federal Highway Administration » du ministère des Transports et portant sur les voies possibles de renouvellement de la modélisation des déplacements urbains. Voir : Bruce D. Spear, *New Approaches to Travel Forecasting Models : A Synthesis of Four Research Proposals*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, janvier 1994. Sur la proposition de « Caliper », qui concerne essentiellement des modèles d'affectation, voir : Howard Slavin, « An Integrated, Dynamic Approach to Travel Demand Forecasting », *Transportation*, vol. 23, 1996, p. 313-350.

<sup>770</sup> Voir par exemple : Robert Dial, « A Path-based User-equilibrium Traffic Assignment Algorithm that Obviates Path Storage and Enumeration », *Transportation Research Part B*, vol. 40, 2006, p. 917-936 (Une variante de l'algorithme en question est incorporée dans TransCAD 5.0; voir : David Boyce, Yu (Marco) Nie, Hillel Bar-Gera, Yang Liu et Yucong Hu, *Field Test of a Method for Finding Consistent Route Flows and Multiple-Class Link Flows in Road Traffic Assignments*, Prepared for « Federal Highway Administration », Evanston, Northwestern University, 8 mars 2010, p. 11). Voir aussi Robert B. Dial, « An Efficient Algorithm for Building Min-path Trees for all Origins in a Multi-class Network », *Transportation Research Part B*, vol. 40, 2006, p. 851-856. Dans les deux articles, Dial remercie Howard Slavin, qui avait par ailleurs financé en partie la recherche débouchant sur l'algorithme en question.

<sup>771</sup> Et comme dans le cas d'INRO, le site du Caliper est très riche : <http://www.caliper.com/> (27 février 2013).

<sup>772</sup> <http://my.execpc.com/~ajh/> (27 février 2013).

en 2006, par plus de 800 organisations à travers le monde<sup>773</sup>, et doit une bonne part de son succès au travail d'Alan J. Horowitz, un Ph.D. de la « University of California » à Los Angeles et actuellement professeur à la « University of Wisconsin »<sup>774</sup>. Horowitz n'est pas le concepteur initial du logiciel. A ses origines, en 1977, QRS est un ensemble de techniques *manuelles* permettant de prédire rapidement et à des coûts réduits les flux de déplacements urbains dans le cadre de projets de transports qui sont trop « petits » pour mobiliser les gros modèles stockés dans les grands ordinateurs de l'époque (pour aller vite, QRS était de la modélisation à quatre étapes légère)<sup>775</sup>. C'est le bureau d'études « COMSIS » qui avait produit pour le compte de l'Administration fédérale ces techniques manuelles. Avec l'arrivée de la microinformatique, la « Federal Highway Administration » a demandé à COMSIS d'informatiser ces techniques manuelles. QRS I est alors sortie en 1981. Quand Horowitz reprend le flambeau en 1987, il hérite d'un logiciel qui n'avait pas suivi les dernières évolutions en matière de modélisation des déplacements urbains. Il entreprend alors un travail d'actualisation, dans la partie « affectation » en particulier, qu'il poursuit avec des collaborateurs, dont les utilisateurs du logiciel, jusqu'à présent. Ce travail continu d'amélioration explique en grande partie, avec un prix du logiciel qui défie aussi toute concurrence, la popularité du QRS II, qui en est à sa version 8.0 aujourd'hui<sup>776</sup>.

L'entrée en force de l'Université dans le marché des logiciels relatifs aux déplacements urbains a été aussi un puissant stimulant pour l'évolution des premiers produits informatiques pour micro-ordinateurs dans les années 1980, tels que MinUTP ou TRANPLAN, qui, on se souvient, reprenaient pour l'essentiel au moment de leur sortie les logiques et structures des logiciels de l'Administration fédérale de la décennie précédente (*supra*). Suite à une série d'acquisitions et des fusions des firmes qui les commercialisaient à l'époque, les suites des MicroTRIPS, MinUTP et TRANPLAN des années 1980 ont été intégrées au sein d'un

---

<sup>773</sup> *The Urban Transportation Monitor*, 29 septembre, 2006, p. 15.

<sup>774</sup> <https://pantherfile.uwm.edu/horowitz/www/> (27 février 2013).

<sup>775</sup> Arthur B. Sosslau, Amin B. Hassam, Maurice M. Carter et George V. Wickstrom (COMSIS Corporation), *Travel Estimation Procedures for Quick Response to Urban Policy Issues*, National Cooperative Highway Research Program Report n° 186, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1978; Arthur B. Sosslau, Amin B. Hassam, Maurice M. Carter et George V. Wickstrom (COMSIS Corporation), *Quick-Response Urban Travel Estimation Techniques and Transferable Parameters, User's Guide*, National Cooperative Highway Research Program Report n° 187, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1978. Sur le développement de méthodes simplifiées en matière de modélisation des déplacements urbains aux Etats-Unis dans les années 1970, voir l'excellent article de Said. M. Easa, « Urban Trip Distribution in Practice. II : Quick Response and Special Topics », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 19, n° 6, 1993, p. 816-834.

<sup>776</sup> Alan J. Horowitz, *Reference Manual : Quick Response System II<sup>TM</sup>* (Version 7), Milwaukee, Center for Urban Transportation Studies (University of Wisconsin) et AJH Associates, juillet 2004, p. 1.

système de logiciels appelé « CUBE Voyageur », développé et commercialisé aujourd'hui par « Citilabs », compagnie fondée en 2001<sup>777</sup>. Comme ses concurrents, CUBE Voyageur incorpore régulièrement les avancées académiques sur le front de la modélisation des déplacements urbains, l'étape d'affectation y compris<sup>778</sup>. Il en va de même de la firme allemande PTV, très liée à l'Université de Karlsruhe, qui commercialise son produit VISUM aux Etats-Unis depuis la fin des années 1990<sup>779</sup>.

Grâce à ces firmes offrant des logiciels qui incorporent des algorithmes relatifs à l'affectation à l'équilibre, à côté d'autres techniques d'affectation par ailleurs, les solutions innovantes de LeBlanc et de Nguyen du début des années 1970 ont pu sortir des salles d'ordinateur du monde universitaire pour devenir des outils banals aux mains des professionnels : au milieu des années 2000, 76% des « Metropolitan Planning Organizations » (MPO), à savoir les agences urbaines de planification de transport aux Etats-Unis, font appel à cette technique, et ce pourcentage s'élève même à 91% pour les grandes MPO<sup>780</sup>.

---

<sup>777</sup> <http://www.citilabs.com/> (27 février 2013).

<sup>778</sup> Sur les sujets de recherche explorés par « Citilabs » dans le champ de l'affectation vers 2010, voir Cambridge Systematics with Gallop Corporation, *Further Investigation on Convergence in User Equilibrium Traffic Assignment and Speed Feedback*, Prepared for National Capital Region Transportation Planning Board (TPB), Cambridge (Mass.), Cambridge Systematics, Fiscal Year 2010 Task Reports, 30 juin 2010, p. 1-6.

<sup>779</sup> Pour une vue panoramique et comparative sur les techniques proposées en matière d'affectation par les producteurs de logiciels EMME/2, TransCAD, QRS II, CUBE et VISUM vers le milieu des années 2000, voir *The Urban Transportation Monitor*, 15 septembre, 2006, p. 11-16 ; *The Urban Transportation Monitor*, 29 septembre, 2006, p. 10-15. Pour une comparaison des performances des algorithmes en matière d'affectation à l'équilibre offerts par « Citilabs », « Caliper », INRO et PTV vers 2010, voir le rapport de Cambridge Systematics with Gallop Corporation, *Further Investigation on Convergence in User Equilibrium Traffic Assignment and Speed Feedback*, *op. cit.*, qui contient aussi une bibliographie.

<sup>780</sup> VHB Vanasse Hangen Brustlin, Inc., *Findings of the Surveys of Metropolitan Planning Organizations*, Prepared for Committee B0090, TRB/National Research Council, Final Draft, 5 juin 2007, p. 1 et p. 66-67.

## CHAPITRE 5

### Un vieil objet, de nouvelles pratiques (à propos des enquêtes sur les déplacements)

En 1973, la « Federal Highway Administration » (FHWA)<sup>781</sup> publie un document intitulé « Urban Origin-Destination Surveys : Dwelling Unit Survey/Truck and Taxi Surveys/External Survey »<sup>782</sup>, élaboré en sous-traitance par une compagnie privée, la firme « Urban Transportation Systems Associates ». Une comparaison même rapide de ce document avec la série des manuels publiés, à partir de 1944, par le « Bureau of Public Roads » (BPR) au sujet des enquêtes origine-destination (ch. 2) fait ressortir plusieurs continuités<sup>783</sup>. Ainsi, les logiques de standardisation et de contrôle maximal de toutes les variables qui interviennent dans le déploiement d'une enquête de ce type, l'élément humain y compris, qui caractérisaient les productions antérieures du BPR sont également ici omniprésentes. Le document de 1973 reprend pour l'essentiel les directives consignées dans les manuels précédents et pousse même les logiques qui les habitaient encore plus loin, en les appliquant à de nouveaux chapitres. Ce sont les enquêteurs qui vont assurer les entretiens auprès des ménages qui font l'objet de tous les soins des rédacteurs du rapport paru en 1973, qui parsèment le document en question de sections qui ont justement comme cible le rouage humain du dispositif et alignent des titres se référant explicitement à ce dernier : “Hiring Personnel” (p. 23-24); “Training Programs” (p. 24-25), “Exam for Prospective Employees” (p. 181-188); “Instructions to Interviewers” (p. 191-198)...

---

<sup>781</sup> Rappelons au lecteur que la “Federal Highway Administration” (FHWA) a vu le jour en 1966, l'année de création du ministère fédéral des Transports (« U.S. Department of Transportation » (DOT). Entre 1966 et 1970, année de sa disparition, le « Bureau of Public Roads » (BPR) était une unité (la plus importante) de FHWA. Officiellement, la « Federal Highway Administration » a repris les fonctions et les missions du BPR, mais dans les faits une différence très importante sépare BPR et FHWA : contrairement au « Bureau of Public Roads » qui disposait, à partir des années de l'entre-deux-guerres et jusqu'aux années 1960, en son sein de ressources scientifiques et techniques internes, la « Federal Highway Administration » va se cantonner dans un rôle de financeur de projets sans jamais développer une expertise technique propre dans le domaine des autoroutes (« highways »).

<sup>782</sup> U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, *Urban Origin-Destination Surveys: Dwelling Unit Survey/Truck and Taxi Surveys/External Survey*, Washington, D.C., 1973 (une nouvelle édition du manuel a paru en 1975).

<sup>783</sup> La filiation est, par ailleurs, explicite : “The first procedural guide for conducting a comprehensive origin-destination survey was published by the Bureau of Public Roads (...) in 1944; revised editions were published in 1946 and 1954. This document represents the latest revision of the guide” (in *ibid.*, “Preface”).

Mais si la continuité l'emporte, force est de constater que l'édition de 1973 contient aussi une idée neuve, absente des manuels antérieurs, idée promise à un grand avenir : celle de *petit échantillon* (« small sample »). Plusieurs évolutions conjuguent leurs effets pour rendre l'idée séduisante d'abord, la passer dans les faits ensuite.

Il en va d'abord de raisons économiques. Une des critiques adressées à l'enquête ménages déplacements, pratiquement depuis sa naissance, est son coût élevé, dû en grande partie au fait qu'elle mobilise un nombre très substantiel de ménages à interviewer. Rappelons que pour une ville d'une population de moins de cinquante mille habitants, d'après les standards fixés par le manuel de 1954, il faudra disposer d'un échantillon de 20% ; pour celles dont la population est située entre 150 000 et 300 000, on préconise d'interroger un ménage sur dix sur ses pratiques de déplacements, et pour les grandes aires métropolitaines de plus d'un million d'habitants on exige un échantillon de 4%, ce qui fait tout de même beaucoup de monde<sup>784</sup>. Dans le contexte du premier après-choc pétrolier, l'idée de pouvoir recourir à des petits échantillons ne peut que gagner en popularité. Le développement de nouvelles pratiques de modélisation comme l'approche désagrégée, certes encore dans sa phase naissante dans les années 1970, n'en joue pas moins en faveur de l'idée de petit échantillon, dans la mesure où les modèles désagrégés sont moins consommateurs de données pour leur calage que leurs homologues agrégés. C'est par ailleurs l'un des arguments avancés par les promoteurs de la modélisation désagrégée en faveur de leur approche (ch. 3). Une troisième raison particulièrement décisive dans le passage du monde des souhaits à celui des faits est la maîtrise croissante de l'outil statistique et des techniques d'échantillonnage. En effet, petit à petit, les spécialistes des enquêtes origine-destination se mettent à tenter des techniques plus sophistiquées que l'échantillonnage aléatoire simple qui a été à la base des enquêtes ménages déplacements pendant très longtemps, comme l'échantillonnage dite stratifiée ou l'échantillonnage à plusieurs degrés<sup>785</sup>, ces techniques permettant d'avoir des résultats d'une précision satisfaisante avec des échantillons relativement réduits.

---

<sup>784</sup> Department of Commerce, Bureau of Public Roads, *Manual of Procedures for Home Interview Traffic Survey*, Washington, D.C., October 1954 (reprinted 1957), p. 3.

<sup>785</sup> Dans un échantillonnage aléatoire simple (« simple random sampling »), chaque membre d'une population a une chance égale d'être inclus à l'intérieur de l'échantillon. Dans un échantillonnage dit stratifié, on divise la population en groupes homogènes, appelés strates, qui sont mutuellement exclusifs, puis on sélectionne à partir de chaque groupe des échantillons indépendants. L'échantillonnage stratifié (« stratified sampling ») permet de réduire la taille de l'échantillon en jouant sur les effets de l'homogénéité à l'intérieur de la strate (exemple : si la population de votre strate est composée d'individus qui ont le même salaire, il suffirait alors d'un échantillon d'une seule unité (personne) pour estimer correctement le salaire moyen). Dans un échantillonnage à plusieurs degrés (« multi-stage sampling »), on commence par diviser la population en groupes ou en grappes (« cluster »),



Ainsi, Michael E. Smith peut déclarer durant la rencontre annuelle du « Transportation Research Board »<sup>786</sup> pour l'année 1979 que des enquêtes récentes, faisant appel aux techniques d'échantillonnage que nous venons de mentionner<sup>787</sup>, montrent que des « travel demand models can be developed from a survey of less than 1000 households ». Et l'auteur précise dans ses conclusions : « It has been determined that 900-1200 home-interview samples are sufficient to develop a cross-classification model for trip generation based on automobile ownership and income, depending on whether a simple random sample or a multistage sample is taken. It has been also been shown that, for the purpose of travel demand forecasting this sample size is sufficient for calibrating trip-distribution and mode-choice models »<sup>788</sup>. D'après d'autres auteurs, une enquête effectuée entre septembre et novembre 1980 selon la technique d'échantillonnage stratifiée à trois degrés (« three stage, stratified random sample »), portant sur environ 2500 ménages du « South Michigan », pour un nombre total de ménages qui avoisine le chiffre de 1,6 millions, a donné de très bons résultats<sup>789</sup>. Une « méta-enquête » sur une série d'enquêtes ménages déplacements réalisées au début des années 1990 montre que la taille *moyenne* des échantillons est de l'ordre de 2500 (parfois on peut aller jusqu'à 10000 unités)<sup>790</sup> – à comparer avec les chiffres de 56 000 et 34 000 ménages, pour les enquêtes de Chicago et de la « Puget Sound Region » respectivement, dans

---

et on sélectionne au hasard un certain nombre de grappes pour représenter la population totale. Ensuite on prélève un échantillon à l'intérieur de grappes. Je tire ma « science » en matière de techniques d'échantillonnage de l'excellent site de « Statistique Canada/Statistics Canada » :

<http://www.statcan.gc.ca/edu/power-pouvoir/ch13/prob/5214899-fra.htm#a1> (27 mars 2013).

<sup>786</sup> Rappelons que le « Transportation Research Board » est la nouvelle appellation du « Highway Research Board » à partir de l'année 1974.

<sup>787</sup> Les travaux réalisés par les chercheurs du « Texas Transportation Institute » sont unanimement cités comme décisifs en la matière : Jimmie D. Benson, David F. Pearson et Vergil G. Stover, *Accuracy of Travel Pattern Estimates from the Home Interview Survey*, Research Report 167-8, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, Texas, mars 1974; Ralph E. Foster, Jimmie D. Benson et Vergil Stover, « Effects of Small Sample Origin-Destination Data on Transportation Study Results », *Transportation Research Record*, n° 637, 1977, p. 33-39. Sur l'expérience texane avec des « small samples » depuis les années 1970, voir aussi de façon synthétique : Texas Transportation Institute, *A Snapshot of Travel Modeling Activities : The State of Texas*, prepared for Federal Highway Administration, décembre 2011, p. 13, p. 49 et *passim*.

<sup>788</sup> Michael E. Smith, « Design of Small-Sample Home-Interview Travel Surveys », *Transportation Research Record*, n° 701: « Applications and Use of Transportation Data », 1979, p. 29-35 (p. 29 et p. 35). Voir aussi : Peter R. Stopher, « Small-Sample Home Interview Travel Surveys: Application and Suggested Modifications », *Transportation Research Record*, n° 886: « New Concepts in Data Analysis », 1982, p. 41-47.

<sup>789</sup> Rai Parvataneni, Peter R. Stopher et Cleveland Brown, « Origin-Destination Travel Survey for Southeast Michigan », *Transportation Research Record*, n° 886, *op. cit.*, p. 1-8.

<sup>790</sup> Peter R. Stopher et Helen M.A. Metcalf, *Methods for Household Travel Surveys*, National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Highway Practice n° 236, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1996.

les années 1950 et 1960). Selon les expressions forgées par un acteur de l'époque, si les années 1960 sont, en matière d'enquêtes, l'« âge des dinosaures », les années 1970 inaugurent définitivement celle des « mammifères »<sup>791</sup>.

Ce mouvement de réduction de la taille des échantillons est accompagné, en partie pour les mêmes raisons, d'une série de changements importants dans la façon d'obtenir les données relatives aux pratiques de déplacements des ménages. L'entretien direct entre les membres des ménages interviewés et un enquêteur professionnel allant de domicile en domicile pour obtenir l'information va finir par être remplacé aux Etats-Unis par un mode de recueil des données recherchées qui fait appel au *téléphone* et/ou à *la poste*. Il paraît que c'est l'enquête ménages déplacements connue sous le nom de « Baltimore Disaggregate Data Set » en 1976, d'un coût moyen de l'ordre de 300 dollars par ménage, qui a sonné le glas des méthodes traditionnelles nécessitant le *face-à-face* de l'enquêteur et de l'enquêté. Mais ce recours au téléphone et à la poste, le plus souvent combinés, n'est pas dû uniquement à des raisons liées aux coûts de l'entretien direct. Il est clair qu'à la fin des années 1970, le métier d'intervieweur est sur le point de devenir un emploi à risque vue la dangerosité élevée de plusieurs quartiers dans la plupart des villes américaines<sup>792</sup>.

En 1971, un « telephone interview » auprès de 1400 ménages, dans le cadre d'une enquête de mobilité concernant l'ensemble de l'Etat ("travel survey statewide"), a eu lieu à « Providence-Pawtucket » (Etat du Rhode Island)<sup>793</sup>. Cinq ans plus tard, en 1976, quelque 7000 ménages de l'agglomération de Los Angeles (sur 4 millions de ménages dans la région métropolitaine) sont interviewés par téléphone sur leurs pratiques de déplacements<sup>794</sup>. Le mouvement est bien lancé : en automne 1981, le téléphone est utilisé par la « San Francisco Bay Area Metropolitan Transportation Commission »<sup>795</sup>. La même année, la « Southeast Michigan

---

<sup>791</sup> Les expressions sont tirées de l'article de synthèse de David T. Hartgen, "Coming in the 1990s: The Agency-Friendly Travel Survey", *Transportation*, vol. 19, n° 2, 1992, p. 79-95.

<sup>792</sup> Voir : P. R. Stopher et H.M.A. Metcalf, *Methods for Household Travel Surveys*, *op. cit.*, p. 12 (pour Baltimore); Peter R. Stopher, "The Travel Survey Toolkit: Where to From Here ?", dans Patrick Bonnel, Martin Lee-Gosselin, Johanna Zmud et Jean-Loup Mardre (éd.), *Transport Survey Methods: Keeping up With a Changing World*, Bingley, Emerald, 2009, p. 15-46 (p. 18, pour les transformations sociétales).

<sup>793</sup> U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, *Urban Origin-Destination Surveys*, *op. cit.*, p. 165.

<sup>794</sup> Charles L. Purvis, « Survey of Travel Surveys II », *Transportation Research Record*, n° 1271: "Transportation Data and Information Systems: Current Applications and Needs", 1990, p. 23-32 (p. 27).

<sup>795</sup> Hann P. H. Kollo et Charles L. Purvis, « Regional Travel Forecasting Model System for the San Francisco Bay Area », *Transportation Research Record*, n° 1220, 1989, p. 58-65 (p. 59).

Transportation Agency » réalise une enquête ménages déplacements selon un protocole original. Des enquêteurs se rendent physiquement auprès des ménages choisis selon une technique d'échantillonnage mais non pas pour les interviewer. Ils se contentent de leur laisser des formulaires individuels à remplir pour tous les membres du ménage âgés de plus de cinq ans. L'enquêteur se rend de nouveau chez les ménages pour récupérer les formulaires<sup>796</sup>. Et les innovations continuent.

Entre septembre 1982 et mars 1983, un “ residential travel survey of a seven-county regional area was designed and conducted by Anderson, Niebuhr&Associates, Inc. for the Metropolitan Council of the Twin Cities Area, Saint Paul, Minnesota (...). A random sample of households was selected from directories of listed telephone numbers using computer generated random digits. Preliminary telephone interviews were conducted. If the household member agreed to have the household participate in the survey, general household data were collected and a day for logging travel information was selected. A cover letter, travel cards, and instruction cards were mailed to the households participating in the travel survey. Reminder calls were made to these households on the evening preceding the selected travel day to remind them to complete the travel diaries and to answer any questions. On the day after the travel day, households were again called to collect the travel data”<sup>797</sup>. A partir des années 1980, le téléphone sera de plus en plus mobilisé pour récupérer les données de l'enquête, plusieurs ménages ayant tendance à oublier de retourner les formulaires remplis chez eux par la poste. Cette technique de collecte des données va vite s'appuyer sur une série de dispositifs techniques qui vont encadrer et soutenir l'action de la personne chargée de récupérer les informations au bout du fil. Le contenu des formulaires remplis par les membres du ménage est alors transmis aux enquêteurs durant un entretien téléphonique mené selon la technique d'enquête téléphonique assistée par ordinateur (« Computer-Aided Telephone Interview » (CATI)), rapidement plébiscitée aux Etats-Unis à partir des années 1980. Grâce à cette « prothèse » électronique, l'enquêteur est en mesure de rechercher en temps réel les informations manquantes, peut procéder à des vérifications et repérer des erreurs possibles,

---

<sup>796</sup> R. Parvataneni, P. Stopher et C. Brown, “Origin-Destination Travel Survey for Southeast Michigan”, *op. cit.*, p. 4.

<sup>797</sup> John F. Anderson, Marsha A. Niebuhr, Ann Braden, Stephen R. Alderson, “Telephone Interviews: Cost Effective Method for Accurate Travel surveys”, *Transportation Research Record*, n° 1097: “Innovations in Travel Survey Methods”, 1986, p. 4-6 (p. 4).

alors que les données sont enregistrées directement et sous une forme facilement exploitable par des machines informatiques<sup>798</sup>.

Si la disparition progressive de la relation de face-à-face entre l'enquêteur et l'enquêté permet des économies substantielles, tout en protégeant l'intégrité physique de l'intervieweur, elle n'en pose pas moins plusieurs défis aux concepteurs des enquêtes ménages déplacements. Tout d'abord, remplir correctement un formulaire ne vas pas de soi, même pour des personnes qui savent *a priori* lire et écrire<sup>799</sup>. Les formulaires utilisés durant la période allant des années 1940 à la fin des années 1970 étant conçus pour être remplis par des professionnels, un nouveau type de support, nommé « travel diary booklet », fait son apparition à partir des années 1980. Son promoteur est un allemand, Werner Brög<sup>800</sup>, mais le nouveau support est vite introduit aux Etats-Unis au début des années 1980, pour être de plus en plus standardisé par la suite<sup>801</sup>.

Avec l'arrivée des « travel diary booklets » distribués à domicile, deux autres innovations sont introduites dans le dispositif de l'enquête ménages déplacements, animées toutes les deux par le souci de renforcer le degré de précision (« accuracy ») des informations collectées. On savait depuis longtemps que la méthode traditionnelle, consistant à solliciter sur place une

---

<sup>798</sup> Sur «CATI», voir P. R. Stopher, «The Travel Survey Toolkit: Where to From Here ?», *op. cit.*, p. 28-29; Cambridge Systematics (prepared by), *Travel Survey Manual*, U.S. Department of Transportation et U.S. Environmental Protection Agency (Travel Model Improvement Program), juillet 1996, p. 2/17-2/19. Pour un exemple d'usage de cette technique, voir R. Eash, «Management of a Small Home Interview Travel Survey Using a Microcomputer», *Transportation Research Record*, n° 1134, 1987, p. 49-56.

<sup>799</sup> Sur cette question, voir P. R. Stopher, «The Travel Survey Toolkit: Where to From Here ?», *op. cit.* qui donne plusieurs références bibliographiques.

<sup>800</sup> W. Brög, K. Fallsat, K. Katteler, G. Sammer et B. Schwertner, « Selected Results of a Standardised Survey Instrument for Large-Scale Travel Surveys in Several European countries », dans E.S. Ampt, A.J. Richardson et W. Brög (éd.), *New Survey Methods in Transport*, Utrecht, VNU Science Press, 1985, p. 173-191. Werner Brög a créé en 1972 le « Socialdata Group », spécialisé dans des techniques de recueil de données en matière de mobilité. « Socialdata » opère dans plusieurs pays dont les Etats-Unis et le Canada. Voir :

<http://www.walk21.com/papers/Brog.pdf> (31 décembre 2012), pour une brève notice sur Brög. Sur « Socialdata », voir son site : <http://www.socialdata.de/> (31 décembre 2012).

<sup>801</sup> W. Brög, A. H. Meyburg, P. R. Stopher et M.J. Wermuth, «Collection of Household Travel and Activity Data: Development of a Survey Instrument», dans E.S. Ampt et al. (éd.), *New Survey Methods in Transport*, *op. cit.*, p. 151-172. Le meilleur historique des « travel diaries », des années 1940 au milieu des années 1990, est donné probablement par K.W. Axhausen, *Travel Diaries : An Annotated Catalogue*, 2<sup>e</sup> édition, Working Paper, Institut für Straßenbau und Verkehrsplanung, Leopold-Franzens-Universität, Innsbruck, juin 1995. Pour plus d'informations sur ces évolutions à travers une série de cas particuliers, voir les contributions réunies dans les documents suivants : *Transportation Research Record*, n° 1097 : «Innovations in Travel Survey Methods», 1986; *Transportation Research Record*, n° 1134 : « Transportation Data », 1987 ; *Transportation Research Record*, n° 1412 : « Innovations in Travel Survey Methods », 1993; l'article de synthèse de D. T. Hartgen, «Coming in the 1990s: The Agency-Friendly travel Survey», *op. cit.*

seule personne comme informateur pour l'ensemble des membres du ménage dont on essaie de traquer les pratiques de mobilité conduisait à *une sous-estimation* du nombre des déplacements effectués, l'interviewé ayant tendance à oublier les petits trajets. On décide donc de distribuer pour tous les membres du ménage de plus de 5 ans un formulaire personnel qui doit être rempli individuellement par chaque membre du foyer âgé de plus de douze ans, les parents se chargeant de faire le travail pour leur progéniture en bas âge. Le second changement consiste à demander aux enquêtés de remplir leur « travel diary book » personnel durant une journée au fur et à mesure qu'ils effectuent leurs trajets, en espérant lutter de cette façon contre le danger de l'oubli.

Tous ces changements relatifs aux enquêtes ménages déplacements durant les années 1970-1990 sont opérés sous la pression d'une série de facteurs qui ne sont pas directement liés aux modèles des déplacements urbains que ces enquêtes servent (en fournissant les données nécessaires pour le calibrage des modèles par exemple). Or, force est de constater, sans grande surprise par ailleurs, que les évolutions qu'on enregistre pendant la même période dans les pratiques de modélisation vont influencer à la fois sur le type d'informations recherchées et sur les techniques utilisées pour les obtenir. Rappelons que les années 1970 sont marquées par le développement des méthodes désagrégées, qui deviennent opérationnelles, essentiellement pour l'étape de choix modal à partir de la décennie suivante (ch. 3). Cette montée en puissance de la modélisation désagrégée déclenche une série d'innovations portant sur les enquêtes relatives aux déplacements urbains cette fois. L'éventail des informations recueillies s'est d'abord élargi pour inclure des données sur des nouveaux chapitres, tels que le degré d'occupation des voitures, le coût de parking ou les modalités d'accès aux transports collectifs. Mais il y a plus. On assiste également au développement de *nouvelles techniques* pour l'obtention des informations à utiliser dans la modélisation des déplacements, connues sous l'appellation de méthodes dites de *préférences déclarées* (« Stated Preferences »), qui s'opposent conceptuellement – même si elles peuvent, et le seront, être utilisées conjointement dans des applications pratiques – aux méthodes de *préférences révélées* (« Revealed Preferences »)<sup>802</sup>. De quoi s'agit-il ?

---

<sup>802</sup> La littérature sur les méthodes de préférences déclarées et celles de préférences révélées, en général, dans le domaine des transports, en particulier, a acquis aujourd'hui les dimensions d'une industrie intellectuelle. Je me contente de donner ici quelques travaux de synthèse, écrits par des académiques et des professionnels de la modélisation des déplacements et appartenant à des époques différentes: Eric P. Kroes et Robert J. Sheldon, « Stated Preferences Methods : An Introduction », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 22, n° 1, 1988, p. 11-25 ; Mark Wardman, « A Comparison of Revealed Preferences and Stated Preferences Models of Travel Behaviour », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 22, n° 1, 1988, p. 71-91 ; Mark Bradley,

Avant le développement des approches désagrégées, et à quelques rares exceptions près<sup>803</sup>, les modélisateurs des déplacements urbains, pour alimenter et calibrer leurs modèles, s'appuyaient – et continuent à le faire par ailleurs, mais de façon non exclusive –, exclusivement sur des données « objectives », qu'ils pouvaient obtenir par des mesures directes et/ou en demandant à la personne interviewée des informations sur son comportement *réel* (passé et observable) en matière de déplacement (le prix réel du trajet en fonction du moyen de transport utilisé, le temps réel du parcours, le choix effectif du mode de transport). Une comparaison des choix effectifs avec les alternatives offertes *révérait* alors les préférences des voyageurs (d'où l'expression de « revealed preferences » (RP), un concept qui a, par ailleurs, une longue histoire dans le domaine de la pensée économique<sup>804</sup>). Comme leur nom l'indique, les enquêtes de préférences déclarées (« Stated Preferences » (SP)), issues en grande partie de recherches en *marketing*, sont, en revanche, des techniques de recueil de données à partir de réponses d'individus à des choix/préférences de scénarios hypothétiques et non observables sur « le marché » au moment de l'enquête (la question type pour ce type d'enquête est la suivante : « pour ces niveaux donnés d'attributs de scénarios, lequel préférez-vous ? »).

Plusieurs raisons expliquent l'intérêt des modélisateurs des déplacements urbains, dont une bonne partie d'entre eux sont plus particulièrement versés dans la question du choix modal, pour ces techniques d'enquête. Tout d'abord la prise en compte de plusieurs facteurs dont on soupçonne qu'ils peuvent peser sur le choix du mode de transport, comme le confort, la propreté, le *design* des wagons et des stations ou l'accueil, se prêtent assez mal à une

---

« Realism and Adaptation in Designing Hypothetical Travel Choice Concepts », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 22, n° 1 1988, p. 121-137 ; David A. Hensher, « Stated Preference Analysis of Travel Choices: the State of Practice », *Transportation*, vol. 21, 1994, p. 107-133 ; J. J Louvière, D.A. Hensher et J.D. Swait, *Stated Choice Methods : Analysis and Application*, New York, Cambridge University Press, 2000 (peut-être l'ouvrage de référence sur les méthodes de préférences déclarées destinées à étudier et de prévoir les choix et les comportements du consommateur. Un chapitre spécifique contient des études de cas pour le secteur des transports).

<sup>803</sup> Pour une telle exception, voir les résultats d'une recherche financée, au milieu des années 1960, par le « Bureau of Public Roads » par ailleurs : Frank T. Paine, Allan N. Nash et Stanley J. Hille, « Consumer Attitudes Toward Auto Versus Public Transport Alternatives », *Journal of Applied Psychology*, vol. 53, n° 6, 1969, p. 472-480.

<sup>804</sup> Voir, par exemple : le travail classique de Stanley Wong, *Foundations of Paul Samuelson's Revealed Preference Theory. A Study by the Method of Rational Reconstruction*, Londres et New York, Routledge, 2006 (1er éd. 1978) ; l'article récent de D. Wade Hands, « Introspection, Revealed Preferences, and Neoclassical Economics: A Critical Response to Don Ross on the Robbins-Samuelson Argument Pattern », *Journal of the History of Economic Thought*, vol. 30, n° 4, 2008, p. 453-478.

quantification à partir de données issues d'enquêtes de préférences révélées. En revanche, les enquêtes de préférences déclarées permettent, en principe du moins car les difficultés pratiques ne sont pas à sous-estimer, de calibrer les modèles désagrégés prenant en compte ces dimensions, de la même façon qu'elles rendent possible la quantification de données « subjectives » comme la valeur du temps ou la perception relative des différents temps élémentaires qui composent un déplacement (attente, marche à pied, etc.). Mais le grand avantage des méthodes de préférences déclarées éclate au grand jour dans le cas de contextes de mobilité nouveaux et pour lesquels on ne dispose pas, par définition, d'observations sur des comportements réels : c'est le cas, par exemple, de l'introduction d'un mode nouveau, un tramway ou un métro dans une ville qui en était dépourvue jusqu'alors, ou de l'introduction des moyens originaux de régulation, tels que des voies réservées pour le covoiturage ou les péages d'accès. Dans ces cas, le modélisateur est confronté à un vide quant à la réaction des individus qui se trouvent devant des choix inédits. Les enquêtes de préférences déclarées visent alors à simuler les réactions des individus face à ces situations ou à fournir les données permettant de le faire<sup>805</sup>.

Avec des hauts et des bas tout au long des années 1970 et 1980<sup>806</sup>, cet intérêt pour des données « subjectives » au sujet des pratiques de déplacements est constamment présent aux Etats-Unis, tout comme dans d'autres parties du globe par ailleurs, et gagne en intensité à partir de la fin des années 1980, époque où les américains découvrent les trains à grande vitesse, totalement absents de leur paysage mental jusqu'alors<sup>807</sup>. Les nouvelles politiques de lutte contre la congestion, à partir du tournant des années 1980 et 1990, faisant appel à une panoplie de mesures qui visent à réguler la « demande », comme les incitations pour le covoiturage par exemple<sup>808</sup>, renforcent également l'intérêt porté sur les techniques de préférences déclarées. Au début des années 1990, ces méthodes, appliquées seules ou en

---

<sup>805</sup> Pour les années 1970, voir, entre autres, les articles de synthèse : Peter R. Stopher, « On the Application of Psychological Measurements Techniques to the Estimation of Travel Demand », *Environment and Behavior*, vol. 9, n° 1, 1977, p. 67-80 ; Ricardo Dobson, « Data Collection and Analysis Techniques for Behavioral Transportation Planning », *Traffic Quarterly*, janvier 1977, p. 77-96.

<sup>806</sup> Voir P. R. Stopher et H.M.A. Metcalf, *Methods for Household Travel Surveys*, *op. cit.*, p. 13-14.

<sup>807</sup> Maren Outwater, Kevin Tierney, Mark Bradley et al., « California Statewide Model for High-Speed Rail », *Journal of Choice Modelling*, vol. 3, n° 1, 2010, p. 58-73.

<sup>808</sup> Sur ces mesures aux Etats-Unis au début des années 1990, voir : Frank S. Koppelman, Chandra R. Bhat et Joseph L. Schoffer, « Market Research Evaluation of Actions to Reduce Suburban Traffic Congestion : Commuter Travel Behavior and Response to Demand Reduction Actions », *Transportation Research Part A*, vol. 27A, n° 5, 1993, p. 383-393, article qui contient également plusieurs références.

combinaison avec des techniques de préférences révélées<sup>809</sup>, à la modélisation des déplacements urbains ont déjà derrière elles un passé théorique et opérationnel tout à fait honorable. Ainsi des cours<sup>810</sup> et des manuels<sup>811</sup> dédiés à ces méthodes sont disponibles aux professionnels, qui peuvent aussi facilement se familiariser avec ces nouvelles approches en lisant le livre signé par Ortúzar et Willumsen, lequel, à travers ses multiples éditions, va devenir en matière de modélisation des déplacements urbains l'un des manuels les plus largement utilisés au monde<sup>812</sup>.

Ces changements opérés aux Etats-Unis dans le domaine des enquêtes ménages déplacements à partir du tournant des années 1970 et 1980 se font à l'intérieur d'un contexte marqué, d'une part, par une professionnalisation accrue des concepteurs de ces enquêtes, d'autre part, par d'intenses échanges entre spécialistes de plusieurs pays (les deux phénomènes sont par ailleurs liés, les échanges entre spécialistes étant un élément important du processus de professionnalisation). En effet, il suffit de lire la liste des références dans les manuels et les articles spécialisés produits à partir des années 1990 pour se rendre compte du fait que les concepteurs des enquêtes en matière de déplacements urbains s'inspirent toujours davantage de ce que la « science » des enquêtes en général propose<sup>813</sup>. Quant à

---

<sup>809</sup> Voir, par exemple : Takayuki Morikawa, *Incorporating Stated Preferences Data in Travel Demand Analysis*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1989 (le directeur de la thèse n'est autre que Ben-Akiva); Moshe Ben-Akiva et Takayuki Morikawa, "Estimation of Switching Models from Revealed Preferences and Stated Intentions", *Transportation Research Part A*, vol. 24A, n° 6, 1990, p. 485-495; M. Ben Akiva, M. Bradley, T. Morikawa, J. Benjamin, T. Novak, H. Oppewal et V. Rao, "Combining Revealed and Stated Preferences Data", *Marketing Letters*, vol. 5, n° 4, 1994, p. 335-350; M.A. Bradley et A.J. Daly, "Estimation of Logit Choice Models Using Mixed Stated Preferences and Revealed Preference Information", dans Peter Stopher et M. Lee-Gosselin (éd.), *Understanding Travel Behavior in an Era of Change*, Oxford, Pergamon Press, 1997, p. 209-232; John Polak et Peter Jones, "Using Stated-Preference Methods to Examine Traveller Preferences and Responses", in *ibid.*, p. 177-207.

<sup>810</sup> Voir : J.J. Louvière, D.A. Hensher et A. Shocker, *Conjoint Measurements : A Short Course* (1992), cours offert sur une base annuelle aux Etats-Unis et en Australie (cité dans D.A. Hensher, « Stated Preference Analysis of Travel Choices: the State of Practice », *op. cit.*, p. 108 et p. 132 .

<sup>811</sup> D. Pearmain, J. Swanson, E. Kroes, M. Bradley, *Stated Preference Techniques : A Guide to Practice*, Londres, Steer Davies Gleave and Hague Consulting Group, 1991 (2e édition; 1re éd. : 1990) (Steer Davies Gleave et Hague Consulting Groups sont des bureaux d'études).

<sup>812</sup> Juan de Dios Ortúzar et L.G. Willumsen, *Modelling Transport*, Chichester, John Wiley&Sons Ltd, 1990 (les chapitres n° 3 et n° 8 pour la première édition). En 2011 a vu le jour la 4e édition du manuel : Juan de Dios Ortúzar et Luis G. Willumsen, *Modelling Transport*, West Sussex, John Wiley&Sons, 2011. Ortúzar avait même consacré un document entier sur l'usage des techniques de préférences déclarées dans la modélisation des transports : Juan de Dios Ortúzar, *Stated Preference Modelling Techniques*, Londres, PTRC Education and Research Services Ltd, 2000.

<sup>813</sup> On se réfère ainsi de plus en plus fréquemment aux publications de CASRO (« Council of American Survey Research Organizations » ainsi qu'à des manuels et des articles « généralistes » en matière de « surveys ». Voir par exemple, les références dans les deux manuels suivants : Cambridge Systematics (prepared by), *Travel Survey Manual*, *op. cit.* ; Peter Stopher et al., *Standardized Procedures for Personal Travel Surveys*, NCHRP Report n° 571, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2008.



l'intensification des échanges entre spécialistes nationaux, son signe le plus manifeste est probablement l'institution d'une série de conférences internationales sur le sujet. Démarrées en Allemagne en 1979, ces conférences, publiées sous forme d'ouvrages, ont eu lieu ensuite en Australie (1983), aux Etats-Unis (1990), en Angleterre (1996), et continuent jusqu'à aujourd'hui, la dernière (la 9<sup>e</sup>) ayant eu lieu du 14 au 18 novembre 2011 en Chili, sous les auspices du « International Steering Committee for Travel Survey Conferences » (ISCTSC) formé en 1998<sup>814</sup>.

Nous venons de le voir, les années 1970-1990 ont été riches en nouveautés en matière d'enquêtes sur la mobilité destinées à servir la modélisation des déplacements urbains. Les années qui vont suivre vont également apporter à ce type d'enquêtes son lot de changements. Si les mutations importantes dans les pratiques de modélisation enregistrées après 1990 (ch. 7) vont interpeller les concepteurs de ces enquêtes<sup>815</sup>, force est de constater que le moteur le plus important des évolutions observées en matière d'enquêtes sur les déplacements urbains durant la période 1990-2012 est interne : il s'agit de faire face à des questions de précision et de représentativité, de lutter contre des taux de réponses déclinant dans le temps, de contrer efficacement la tendance des enquêtés à oublier une bonne partie de leurs trajets, des problèmes déjà rencontrés mais qui, pour certains d'entre eux, iront en s'accroissant avec le passage du temps. En premier lieu celui de l'« oubli » de petits trajets.

A partir des années 1990, plusieurs « Metropolitan Planning Organizations » (MPO), à savoir les agences urbaines de planification des transports aux Etats-Unis, à commencer par celle de Boston en printemps 1991<sup>816</sup> – rapidement suivie dans cette voie par les MPO des : « Wasatch Front » (1993), « Southeast Michigan » (1994), « Oregon and Southwest

---

<sup>814</sup> Des informations sur l'ISCTSC et ses publications peuvent être trouvées dans :

<http://www.isctsc.let.fr/index.html> (31 décembre 2012).

<sup>815</sup> Voir par exemple : Theo Arentze, Harry Timmermans, Frank Hofman et Nelly Kalfs, « Data Needs, Data Collection, and Data Quality Requirements of Activity-based Transport Demand Models », dans *Transport Surveys : Raising the Standard*, Proceedings of an International Conference on Transport Survey Quality and Innovation, May 24-30, 1997, Grainau, Germany), *Transportation Research E. Circular*, n° E-C008, Washington, Transportation Research Board, août 2000, p. II-J/1-p. II-J/35.

<sup>816</sup> Voir : Peter Stopher, « Use of an Activity-based Diary to Collect Household Travel Data », *Transportation*, vol. 19, 1992, p. 159-176 (p. 163-164) ; T. Keith Lawton, « Activity and Time Use Data for Activity-based Forecasting », dans Lynette J. Engelke (« Texas Transportation Institute ») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference*, June 2-5, 1996, Summary, Recommendations and Compendium of Papers, Texas Transportation Institute, Texas A&M University System, Arlington Texas, février 1997, p. 79-102. .

Washington » (1994), Oahu (1995) et « New York Metropolitan Area » (1996)<sup>817</sup> –, se mettent à modifier les protocoles suivis lors de leurs enquêtes ménages déplacements. Pour obtenir des données plus fiables et plus complètes sur les déplacements opérés par les différents membres des ménages, on substitue alors à la question traditionnelle : « quels ont été vos déplacements ? » (« where did you go ? »), la question : « quelles activités avez-vous entreprises ? » (« what did you do ? »), l'idée de base étant qu'il est plus facile pour une personne de se *rappeler* et de *rapporter* ses activités que ses trajets – quitte à préciser ensuite, avec l'aide de l'enquêteur éventuellement, les déplacements entrepris dans le cadre de ses activités<sup>818</sup>.

Il n'empêche. Malgré le « redesign » des formulaires, la mémoire des interviewés semble rester sélective et « oublieuse » – plusieurs études annoncent, en effet, qu'entre 20 et 30% de déplacements en moyenne ne sont pas reportés, et pour certaines enquêtes on avance même le chiffre de 60%<sup>819</sup>. On constate aussi que les enquêtés ont tendance à ne pas être très précis sur la durée exacte de leurs déplacements et font souvent preuve d'une incapacité de donner les détails requis au sujet de la localisation précise de leurs activités (et des déplacements correspondants). Quant aux taux de réponses des personnes sollicitées (« response rates »), ils sont parfois très bas, alors même que les personnes qui font preuve d'une mobilité élevée ont tendance à faire partie des ménages non-répondants. Ainsi, on a calculé qu'une enquête téléphonique assistée par ordinateurs (« CATI ») typique (non mauvaise) arrive à faire répondre positivement aux sollicitations seulement 60% des ménages contactés, et parmi ces derniers seulement deux sur trois complètent les formulaires et participent à la restitution des

---

<sup>817</sup> Peter R. Stopher et Stephen P. Greaves, « Household travel surveys : Where Are We Going? », *Transportation Research Part A*, vol. 41, p. 367-381 (p. 370); et surtout: Travel Model Improvement Program (TMIP), *Scan of Recent Travel Surveys*, prepared by Cambridge Systematics for U.S. Department of Transportation and U.S. Environmental Protection Agency, Final Report, juin 1996; NCHPR Web-Only Document 93, *Technical Appendix to NCHPR Report 571: Standardized Procedures for Personal Travel Surveys*, Transportation Research Board, Submitted Nov. 2004, Revised March 2005&Dec. 2007, pour une présentation détaillée de ces enquêtes.

<sup>818</sup> Theo Arentze, Harry Timmermans, Frank Hofman et Nelly Kalfs, « Data Needs, Data Collection, and Data Quality Requirements of Activity-based Transport Demand Models », dans *Transport Surveys : Raising the Standard*, Proceedings of an International Conference on Transport Survey Quality and Innovation, May 24-30, 1997, Grainau, Germany), *Transportation Research E. Circular*, n° E-C008, Washington, Transportation Research Board, août 2000, p. II-J/1-p. II-J/35; Martin Lee-Gosselin et John Polak, « Summary of Workshop One: Activity and Time Use Data Needs, Resources and Survey Methods », dans L.J. Engelke (« Texas Transportation Institute ») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference*, op. cit.

<sup>819</sup> Voir notamment l'article de synthèse signé par l'un des spécialistes de la question Peter R. Stopher et Stephen P. Greaves, « Household Travel Surveys : Where are we going ? », *Transportation Research Part A*, vol. 41, 2007, p. 367-381 (p. 368).

données<sup>820</sup>. Des évolutions sociétales ne font qu'ajouter de nouveaux casse-têtes aux enquêteurs. Ainsi le développement de la téléphonie mobile fait que plusieurs ménages ne disposent plus de téléphone fixe, et sont, par conséquent, exclus des enquêtes – le choix des ménages se fait souvent par échantillonnage à partir des annuaires téléphoniques –, ce qui pose le problème de représentativité. Et même pour des ménages qui disposent encore de lignes fixes, la tendance à filtrer les appels, et ne pas répondre quand ils ne reconnaissent pas un numéro familier est croissante. Si ces problèmes affectent à la fois la modélisation à quatre étapes et les nouvelles techniques plus avancées de modélisation des déplacements (ch. 7), ils pèsent davantage sur ces dernières, qui sont plus sensibles aux déplacements non rapportés et au manque de précision quant à la localisation précise des activités. De même, la privatisation croissante des infrastructures (péages) fait qu'on est aujourd'hui plus exigeant pour tout ce qui touche à la précision et à la qualité des informations sur la mobilité des personnes.

Que faire alors ?

Et si l'on se débarrassait véritablement de la source du problème, ce ménage qui ne répond pas aux sollicitations des enquêteurs et, lorsqu'il daigne le faire, qui donne trop souvent des informations peu fiables. Depuis une dizaine d'années, les concepteurs des enquêtes sur la mobilité envisagent sérieusement une solution de continuité avec des pratiques installées depuis un demi-siècle. C'est l'arrivée des « Systèmes de Géolocalisation » (« Global Positioning System » : GPS) qui fonde les espoirs pour une nouvelle façon de recueillir des informations relatives à la mobilité des ménages, qui ne serait pas entachée des problèmes qui accablent les techniques traditionnelles. En effet, le GPS permet en théorie d'avoir l'origine, la destination et l'itinéraire d'un déplacement, les temps précis de départ et d'arrivée, la localisation exacte des activités, la longueur des trajets, et, qui plus est, de façon automatique<sup>821</sup>. De plus, avec un système GPS, on peut traquer les pratiques de mobilité des ménages pendant plusieurs jours sans surcoûts importants. Tout cela, à condition évidemment

---

<sup>820</sup>*Ibid.*; NCHPR Web-Only Document 93, *Technical Appendix to NCHPR Report 571: Standardized Procedures for Personal Travel Surveys*, *op. cit.*, p. 9, pour des études de cas.

<sup>821</sup> Pour une brève histoire du GPS, et surtout pour les usages du GPS par les ministères de Transports des différents Etats américains et les gouvernements locaux jusqu'aux années 2000, voir : Jean Wolf, *Using GPS Data Loggers to Replace Travel Diaries in the Collection of Travel Data*, Ph.D. dissertation, Georgia Institute of Technology, juillet 2000, ch. II; Federal Highway Administration, *An Investigation of the Use of Global Positioning System (GPS) Technology and its Augmentations within State and Local Transportation Departments*, Publication n° FHWA-RD-00-093, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., juillet 2000.

que les ménages acceptent d'être équipés en GPS et que les dispositifs techniques impliqués dans l'enquête fonctionnent correctement. Il y a aussi la question de l'identification des motifs pour lesquels les déplacements sont entrepris. On verra comme les enquêteurs s'y prennent.

L'usage du GPS dans le domaine des enquêtes sur la mobilité a commencé avec une étude-pilote réalisée pour le compte du « U.S Department of Transportation » dans la ville de Lexington, Etat du Kentucky, à l'automne 1996. L'étude effectuée sous la direction de « Battelle Memorial Institute » en collaboration avec d'autres firmes impliquées dans la modélisation des déplacements urbains comme Cambridge Systematics, est entreprise dans le but d'étudier la question de *l'écart* entre les vraies pratiques de déplacements et celles reportées dans les formulaires des enquêtes ménages déplacements. Cent ménages ont été équipés alors avec un système GPS, couplé d'un « Assistant Numérique Personnel » (« Personal Digital Assistant » : PDA), installé en voiture, et leurs déplacements ont été enregistrés pendant une période de six jours<sup>822</sup>.

Un an plus tard, à Austin (Texas) et dans le cadre d'une véritable enquête ménages déplacements cette fois, 117 ménages (186 voitures) ont été équipés avec un GPS et ont ensuite reporté leurs déplacements par l'intermédiaire d'une enquête téléphonique par ordinateur (CATI), l'objectif de l'opération étant toujours l'étude des écarts entre le vrai volume des déplacements et celui reporté par les enquêtés. Après une pause de quatre ans, une nouvelle vague d'enquêtes mobilisant la technologie GPS – huit au total entre 2001 et 2004 – est entreprise suite au recensement national de l'année 2000. Dans toutes ces opérations, des voitures de volontaires ont été équipées avec un système de GPS passif – 149 voitures à Pittsburg, 1217 dans le cas de Los Angeles. On découvre alors que les déplacements non reportés peuvent varier entre 11% et 81% du total en fonction des caractéristiques démographiques des ménages. Des analyses statistiques à partir de ces enquêtes permettent alors d'établir des « taux d'omissions », puis des facteurs de corrections appliqués aux résultats obtenus par une enquête ménages déplacements qui ne mobilise pas de système GPS. Petit à petit on teste, à l'instar de l'étude pionnière de Lexington, des technologies plus actives, en couplant par exemple des « PDA » avec des dispositifs GPS : la personne participant à l'enquête initie alors la collecte des données avec GPS et apporte des

---

<sup>822</sup> David P. Wagner (Battelle Transportation Division), *Lexington Area Travel Data Collection Test : Global Positioning Systems for Personal Travel Surveys*, Final Report for Office of Highway Information Management, Office of Technology Application, Federal Highway Administration, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, 15 septembre 1997.

informations supplémentaires au sujet du déplacement. Une entreprise comme « Garmin International » met même sur le marché le « iQue », le « first fully integrated PDA and GPS device to reach the market »<sup>823</sup>. La première étude américaine qui fait appel à une combinaison « PDA/GPS » est celle d'Atlanta (Etat de Géorgie) dans le cadre de la « Atlanta Regional Household Travel Survey ». L'objectif est ici de capter les aspects spatiaux et temporels de la mobilité urbaine, la mobilité non motorisée en particulier. Entre le printemps 2001 et le printemps 2002, 542 participants, faisant partie des 8069 ménages de l'enquête régionale, ont reçu un « Electronic Travel Diary » (ETD) qui avait une composante GPS (l'ETD utilisé à Atlanta pesait approximativement un kilo)<sup>824</sup>.

Au milieu des années 2000, tout un milieu gravite autour des enquêtes sur la mobilité faisant appel à la technologie GPS. Outre les chercheurs spécialisés dans ce type d'enquête comme Peter Stopher<sup>825</sup>, on rencontre également plusieurs firmes privées qui ont su acquérir une vraie expertise en la matière, en participant, seules ou en collaboration, à plusieurs enquêtes de ce type nouveau. Parmi celles-ci deux méritent une mention particulière. Localisé à Austin, « NuStats » est un bureau d'études spécialisé dans la réalisation de grandes enquêtes, dans le domaine des transports plus particulièrement, dirigé aujourd'hui par Martin Kunzmann, titulaire d'un doctorat de l'université de Karlsruhe<sup>826</sup>. La firme est fondée en 1984 par Johanna Zmud, titulaire d'un Ph.D. délivré par la « University of Southern California » et détentrice d'un master en « statistiques d'éducation » (« University of Maryland »). Zmud a présidé « NuStats » pendant un quart de siècle environ avant de quitter la firme depuis peu pour le poste de Directrice du prestigieux « RAND Transportation, Space, and Technology

---

<sup>823</sup> Jean Wolf, « Applications of New Technologies in Travel Surveys », paper presented to the International Conference on Transport Survey Quality and Innovation, Costa Rica, août 2004, p. 3 pour la citation (le texte est disponible à l'adresse suivante : <http://www.isctsc.cl/archivos/2004/B4%20-%20Resource%20Wolf.pdf> (20 mars 2013)). Sur l'étude de Kansas, voir Jean Wolf, Stacey Bricka, Todd Ashby et Charles Coruga, « Advances in the Application of GPS to Household Travel Surveys, dans *Proceedings of the National Household Travel Survey Conference : Understanding our Nation's Travel*, November 1-2, 2004, Washington D.C., Transportation Research Board, disponible à l'adresse : <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/conferences/nhts/Wolf.pdf> (10 février 2013).

<sup>824</sup> Jean Wolf, « Applications of New Technologies in Travel Surveys », *op. cit.*, p. 6. Voir aussi : Jean Wolf, Randall Guensler, Simon Washington, Lawrence Frank, « Use of Electronic Travel Diaries and Vehicle Instrumentation Package in the Year 2000 Atlanta Regional Household Travel Survey », dans *Personal Travel: The Long and Short of it*, Conference Proceedings, June 28-july 1, 1999, Transportation Research E-Circular n° E-C026, Washington, D.C, Transportation Research Board, march 2001, p. 413-429.

<sup>825</sup> Voir aussi : Timothy L. Forrest et David. F. Pearson, « Comparison of Trip Determination Methods in Household Travel Surveys Enhanced by a Global Positioning System », *Transportation Research Record*, n° 1917, 2005, p. 63-71; Stacey Bricka et Chandra R. Bhat. « Comparative Analysis of Global Positioning System-Based and Travel Survey-Based Data », *Transportation Research Record*, n° 1972, 2006, p. 9-20.

<sup>826</sup> Sur la firme, voir : <http://www.nustats.com/> (27 mars 2013).

Program »<sup>827</sup>. L'autre firme très impliquée dans des enquêtes à l'aide de GPS est « GeoStats »<sup>828</sup>. Elle est fondée à Atlanta en 2000 par Jean Wolf, l'année même où cette dernière soutient sa thèse de doctorat à Georgia Tech<sup>829</sup>. L'auteure fait preuve d'audace car la thèse :

« presents the results of a proof-of-concept study that examined a new opportunity for using GPS technology in travel surveys – that is, the use of GPS data collection to *completely replace*, rather than supplement, traditional travel diaries. The challenge in this new approach is to process the GPS data in a manner such that most of the traditional trip data elements can be derived. If this processing is done correctly and quickly, then the CATI retrieval call, which issues to collect household, person, vehicle and travel information, could be modified so that the only questions asked would be those necessary to clarify any uncertainties in the processed GPS travel data and to collect any missing elements. This process would not only improve the quality and robustness of the data, but would also greatly reduce respondent burden and telephone interview times [c'est moi qui souligne]”.

Comment faire ? Comment identifier surtout les motifs des déplacements sans passer par une interaction quelconque avec l'enquêté ? Heureusement, une autre technologie, celle des « Systèmes d'Information Géographique (SIG) », peut voler à la rescousse de Wolf :

« This study was conducted using GPS data loggers to collect travel data in personal vehicles. The GPS data were then processed within a Geographical Information System (GIS) to derive most of the traditional travel diary elements. These derived data were compared with the data recorded on paper diaries by the same survey participants and were found to match or exceed the reporting quality of the participants. In fact, the GPS data revealed trips that were not recorded by the participants. Most importantly, *this research demonstrates that it is feasible to derive trip purpose, the one element that has*

---

<sup>827</sup> Une brève notice biographique sur Johanna Zmud est disponible à l'adresse :

[http://www.rand.org/about/people/z/zmud\\_johanna.html](http://www.rand.org/about/people/z/zmud_johanna.html) (28 mars 2013). Johanna Zmud vient de coéditer les Actes de la dernière conférence organisée par l'« International Steering Committee for Travel Survey Conferences » en Chili en 2011 : Johanna Zmud, Martin Lee-Gosselin, Juan Antonio Carrasco et Marcela A. Munizaga (éd.), *Transport Survey Methods, Best Practice for Decision Making*, Bingley, Emerald, 2013.

<sup>828</sup> [http://www.geostats.com/about\\_history.htm](http://www.geostats.com/about_history.htm) (28 mars 2013). La firme fait partie, depuis novembre 2012, de « Westat ».

<sup>829</sup> Jean Wolf, *Using GPS Data Loggers to Replace Travel Diaries in the Collection of Travel Data*, *op.cit.*

*been considered “underivable”, from GPS data by using accurate GIS databases [c’est moi qui souligne]”<sup>830</sup>.*

Wolf doit attendre quelque dix ans pour que sa proposition, audacieuse à l’époque, passe dans les faits. Entre temps, dans les années 2000, sa firme prospère ; elle participe à plusieurs enquêtes utilisant la technologie GPS de façon complémentaire aux enquêtes ménages déplacements classiques<sup>831</sup>, développe aussi des logiciels comme « TravTime », un « software for conducting travel time, speed and delay studies », commercialise, à côté d’autres firmes qui se positionnent sur le marché, un « GPS data logger » au nom de « GeoStats GeoLogger » ; ce dernier peut être utilisé en voiture mais aussi être porté<sup>832</sup> et coûte autour de 900 dollars vers 2007, un peu plus que le prix moyen des produits similaires établis autour de 750 dollars<sup>833</sup>. Mais ce n’est pas « GeoStats » qui va participer à la première tentative aux Etats-Unis, et au monde, de réaliser une enquête ménages déplacements basée uniquement sur la technologie GPS. L’opération est inédite car l’enquête vise à collecter des informations sur les déplacements de quelques milliers de ménages pendant plusieurs jours dans le cadre du « Greater Cincinnati House Travel Survey » sans que les enquêtés (adultes) remplissent le moindre formulaire (en revanche des questionnaires simplifiés sont prévus pour les enfants de moins de 12 ans)<sup>834</sup>. L’enquête est initiée en 2009 sous l’impulsion du « Ohio Department of Transportation Research Division » et du « Ohio-Kentucky-Indiana Council of Government » et avec le soutien de la « Federal Highway Administration ». Un GPS portable est utilisé pour les adultes sélectionnés dont on va suivre seconde après seconde les déplacements pendant trois jours. Après une enquête pilote réalisée au printemps 2009, la vraie enquête a commencé en août 2009 et s’est terminés un an plus tard. Environ 5000 ménages ont été impliqués dans l’enquête, et 4240 ont reçu finalement un appareil GPS

---

<sup>830</sup> *Ibid.*, p. x-xi.

<sup>831</sup> Voir par exemple : Jean Wolf et Michelle Lee (GeoStats), “Synthesis of and Statistics for Recent GPS-enhanced Travel Surveys”, Submitted to the International Conference on *Survey Methods in Transport: Harmonisation and Data Comparability*, France 2008 ; disponible à l’adresse suivante :

[w.isctsc.let.fr/papiers/workshop final version/58 A2 wolf and lee.pdf](http://w.isctsc.let.fr/papiers/workshop%20final%20version/58%20A2%20wolf%20and%20lee.pdf) 10 (20 février 2013).

<sup>832</sup> Sur l’évolution des GPS portables, voir : Peter Stopher, Camden FitzGerald et Zun Zhang, « Search for a Global Positioning System Device to Measure Person Travel », *Transportation Research Part C*, vol. 16, 2008, p. 350-369.

<sup>833</sup> Rohit Ajmera, *Feasibility of Using Wearable Devices for Collecting Pedestrian Travel Data*, Master thesis, West Virginia University, 2007, p. 57; P. R. Stopher et S. P. Greaves, “Household Travel surveys : Where Are We Going?”, *op. cit.*, p. 372.

<sup>834</sup> Creg Giaimo, Rebekah Anderson, Laurie Wargelin et Peter Stopher, “Will it Work? Pilot Results from First Large-Scale Global Positioning System-Based Household Travel Survey in the United States”, *Transportation Research Board*, n° 2176, 2010, p. 26-34.

portable. Parmi ces derniers, 2059 ménages ont restitué des données complètes (pour les trois jours de l'enquête) et 737 autres des informations jugées satisfaisantes. Après la fin de l'enquête, 601 ménages ont participé, via internet, à une opération de vérification du logiciel utilisé pour déduire, à partir des données fournies par le GPS, des informations sur les motifs des déplacements et le moyen de transport utilisé lors du déplacement. Les résultats obtenus sont jugés encourageants, le logiciel utilisé ayant pu atteindre un degré de précision (« accuracy ») de 96% pour le mode utilisé et de 90% pour les motifs. C'est un universitaire, Peter Stopher, à maintes reprises cité dans ce document, et son équipe qui se trouvent à l'origine du logiciel, qui fonctionne sur une plateforme « TransCAD », à savoir le logiciel développé par la firme américaine « Caliper » et doté d'un SIG (ch. 4)<sup>835</sup>.

Il est sûrement trop tôt pour parler de la fin des techniques traditionnelles dans le domaine des enquêtes ménages déplacements. Mais l'expérience de l'Ohio que nous venons de présenter brièvement ainsi qu'une série d'autres actions qui vont dans le même sens indiquent que quelque chose d'original est en train de se produire devant nos yeux<sup>836</sup>.

---

<sup>835</sup> Peter Stopher (PlanTrans), Lurie Wargelin (Abt SRBI), Jason Minser (Abt SRBI), Kevin Tierney (Cambridge Systematics), Mindy Rhindress (Abt SRBI), Sharon O'Connor (Resource Systems Group), *GPS-Based Household Interview Survey for the Cincinnati, Ohio Region*, for the Ohio Department of Transportation/Office of Research and Development and the U.S. Department of Transportation/Federal Highway Administration, février 2012.

<sup>836</sup> Sur une étude portant sur New York, voir : Hongmian Gong, Cynthia Chen, Evan Bialostozky et Catherine T. Lawson, "A GPS/GIS Method for Travel Mode Detection in New York City", *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 36, 2012, p. 131-139. Les auteurs développent des algorithmes basés sur des données « SIG » pour identifier les modes utilisés (marche à pied, voiture, bus, métro et train) lors d'un déplacement.



### SECTION III

#### Vers de nouveaux paradigmes ? (des années 1990 à nos jours)

En 2012 voit le jour la dernière version actualisée de la « bible » des modélisateurs des déplacements urbains aux Etats-Unis<sup>837</sup>. A sa lecture, on constate que la modélisation à quatre étapes établie dans les années 1960 est toujours là. Mais alors qu'elle régnait seule dans la version précédente du manuel parue en 1998<sup>838</sup>, et même si on annonce qu'elle « will continue to be used for many years, especially in the smaller- and medium-sized urban areas » (p. 1), la modélisation à quatre étapes doit partager sa place avec ce que les auteurs du document appellent « Advanced Travel Analysis Procedures ». La section III de notre document, qui couvre la période qui va des années 1990 à nos jours, est consacrée justement à ces techniques avancées, qui trouvent leur moteur de développement en l'action combinée de plusieurs forces.

La première s'est manifestée de façon assez spectaculaire sous la forme d'un procès, au tournant des années 1980 et 1990 : deux organisations de protection de l'environnement, le « Sierra Club Legal Defense Fund » et les « Citizens for a Better Environment » avaient attaqué en justice fédérale l'Etat de Californie, l'agence de planification des transports de la ville de San Francisco et une série d'autres agences régionales de planification, au motif que ces instances avaient failli à respecter les standards en matière de qualité d'air prévues par les « Clean Air Act Amendements » de 1977. La discussion qui s'en était suivi avait mis au grand jour la déficience de la modélisation à quatre étapes à traiter correctement des questions de pollution dues aux transports<sup>839</sup>. Cette « pression environnementale » sur la modélisation à quatre étapes prend des proportions encore plus importantes avec les « Clean Air Act

---

<sup>837</sup> Cambridge Systematics, Vanasse Hangen Brustlin, Gallop Corporation, Chandra R. Bhat, Shapiro Transportation Consulting, Martin/Alexiou/Bryson, *Travel Demand Forecasting : Parameters and Techniques*, National Cooperative Highway Research Program Report n° 716, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2012.

<sup>838</sup> William A. Martin et Nancy A. McGuckin (Barton-Aschman Associates, Inc.), *Travel Estimation Techniques for Urban Planning*, National Cooperative Highway Research Program Report n° 365, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1998.

<sup>839</sup> Sur ce procès et ses effets sur la modélisation des déplacements urbains, voir notamment : Mark Garrett et Martin Wachs, *Transportation Planning on Trial : The Clean Air Act and Travel Forecasting*, Londres, SAGE Publications, 1996 ; l'article de Peter Stopher, qui avait participé au procès en tant qu'expert du côté des associations : Peter Stopher, « Deficiencies of Travel-Forecasting Methods Relative to Mobile Emissions », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 19, n° 5, 1993, p. 723-741. Sur l'interaction entre la « loi juridique » et la science (et les techniques), voir l'article de synthèse de Sheila Jasanoff, « Making Order : Law and Science in Action », dans Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch, et Judy Wajman (éd.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (3<sup>e</sup> édition), Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2008, 761-786.

Amendements » (CAAA) de 1990 et du « Intermodal Surface Transportation Efficiency Act » (ISTEA) de 1991<sup>840</sup>. Pour parer au plus pressé, à peine deux ans plus tard, en 1993, paraît un manuel sous la signature d'un bureau de consultants formé par plusieurs universitaires, destiné à aider justement les agences de planification de transports à traiter la connexion entre les transports et la qualité de l'air<sup>841</sup>.

Si les contraintes imposées par la législation pèseront lourdement sur l'évolution des techniques de modélisation des déplacements urbains après 1990, elles vont conjuguer leurs effets avec l'impact sur ce champ de la modélisation de deux autres évolutions générales de la période. Tout d'abord, à partir du début des années 1980 et pendant une vingtaine d'années, les villes américaines font l'expérience d'une congestion croissante (voir ch. 8). L'action (nuisible) de la congestion entraîne la réaction des politiques et des gestionnaires des villes, qui vont tenter plusieurs réponses au problème dont certaines appellent, et vont finir par susciter, un renouvellement des pratiques de modélisation. Le troisième facteur qui pousse au changement ne fonctionne pas, en revanche, comme contrainte et problème à résoudre mais comme ressource : c'est l'évolution technologique. Les possibilités offertes par de nouveaux moyens de calcul ainsi que les potentialités offertes par les nouvelles technologies d'information appliquées aux transports – les « Systèmes de Transport Intelligents » (« Intelligent Transportation Systems » (ITS)) – créent ainsi un contexte propice à l'exploration des nouvelles logiques de modélisation.

Dans ce contexte, une nouvelle création, qui date de 1993, le « Travel Modeling Improvement Program » (TMIP), symbolise la volonté de la nation américaine d'améliorer ses pratiques en matière de modélisation des déplacements urbains. Placé sous le patronage du « U.S. Department of Transportation », de la « Environmental Protection Agency » et du « U.S. Department of Energy », TMIP est chargé de promouvoir de nouvelles pratiques de modélisation, capables de traiter le lien entre la question des transports, la qualité de l'air, l'énergie, le développement économique, les usages de sol et la qualité de vie<sup>842</sup>.

---

<sup>840</sup> Voir Edward Weiner, *Urban Transportation Planning in the United States. An Historical Overview*, Westport (Connecticut) et Londres, Praeger, 1999.

<sup>841</sup> Deakin, Harvey, Skabardonis, Inc. Berkeley (CA), *Manual of Regional Transportation Modeling Practice for Air Quality Analysis*, Sponsored by The National Association of Regional Councils, Washington, D.C., 1993.

<sup>842</sup> On peut commencer à se familiariser avec le TMIP en visitant les deux sites suivants :

<http://www.tmiponline.org/> : 1 mars 2013) et <http://www.fhwa.dot.gov/planning/tmip/> : 1<sup>er</sup> mars 2013).

A partir du début des années 1990, et très souvent dans le cadre du « Travel Modeling Improvement Program » (TMIP), de nombreuses actions sont entreprises pour faire évoluer les pratiques de modélisation en matière de déplacements urbains. Aussi paradoxal qu'il puisse paraître, certaines d'entre elles ne regardent pas vers le futur mais nous ramènent dans les années 1960. En effet, l'une de premières actions entreprises est de rendre la modélisation à quatre étapes, telle qu'elle est alors massivement pratiquée par les agences de planification des transport, « consistante », en encourageant ces dernières – voire en les obligeant dans le cas d'études concernant l'estimation des quantités de polluants – à établir de façon systématique, lors de l'exécution de leurs modèles, des boucles de rétroaction (des feed-back) entre les différentes étapes de la modélisation à quatre étapes, notamment entre celles d'affectation et de distribution, pour obtenir des prédictions plus réalistes<sup>843</sup>. Les pionniers de la modélisation à quatre étapes étaient parfaitement conscients de cette nécessité, qui a été apparemment « oubliée » entre temps, au profit d'améliorations concernant les différentes étapes prises isolément, améliorations illustrées par la modélisation désagrégée pour l'étape de choix modal, ou l'affectation à l'équilibre pour l'étape d'affectation (ch. 3 et 4)<sup>844</sup>. Cela étant, l'essentiel des efforts déployés depuis les années 1990 seront canalisés vers la définition et la diffusion de nouvelles pratiques, les fameuses « techniques avancées » du manuel de 2012 (*supra*).

Rien n'illustre probablement mieux cet appel à la nouveauté que le projet connu sous le nom de TRANSIMS, démarré au tout début des années 1990. Rien n'illustre mieux que TRANSIMS non plus les difficultés de bâtir une modélisation des déplacements urbains radicalement différente des approches en place. En dépit d'un financement fédéral de plusieurs

---

<sup>843</sup> Sur la nécessité d'établir des boucles de rétroaction entre les différentes étapes, notamment entre celle de l'affectation et l'étape de distribution, voir l'Encadré dans l'Introduction générale. Sur l'obligation de mettre en œuvre des boucles de rétroaction entre les différentes étapes de la modélisation à quatre étapes, voir William R. Loudon, Janaki Parameswaran et Brian Gardner, « Incorporating Feedback in Travel Forecasting », *Transportation Research Record*, n° 1607, 1997, p. 185-195 (p. 185 notamment).

<sup>844</sup> Voir, par exemple, les deux études suivantes commandées par l'Administration fédérale sur le sujet: COMSIS, *Incorporating Feedback in Travel Forecasting: Methods, Pitfalls and Common Concerns*, Final Report Prepared for the Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, mars 1996; H.J. Miller, *Towards Consistent Travel Demand Estimation in Transportation Planning*, Prepared for the Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Transportation, novembre 1977. Outre ces deux études, voir aussi : D. Levinson et A. Kumar, « Integrating Feedback into Transportation Planning Model: Structure and Application », *Transportation Research Record*, n° 1413, p. 70-77; D.E. Boyce, Y.F. Zhang et M.R. Lupa, « Introducing Feedback into Four-Step Travel Forecasting Procedure Versus Equilibrium Solution of Combined Model », *Transportation Research Record*, n° 1443, 1994, p. 65-74; Robert A. Johnston et Raju Ceerla, « Travel Modeling with and without Feedback to Trip Distribution », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 122, n°1, 1996, p. 83-86 ; Chang-Jen Lan, Monica Menendez et Albert Gan, *Incorporating Feedback Loop into FSUTMS for Model Consistency*, Final Report (volume I), Prepared for State of Florida Department of Transportation, Miami, septembre 2003; Dowling Associates, *KCAG 2001 Model Update: Model Documentation and Validation Report*, 8 novembre 2001 (ch. 6 : « Feedback Mechanisms »).

millions de dollars, et la mobilisation pendant plusieurs années d'une large équipe de savants au sein de l'un des laboratoires de recherche les plus connus au monde, le « Los Alamos National Laboratory », TRANSIMS, toujours en développement, reste aujourd'hui d'un usage encore limité et plutôt « expérimental ». Cela étant, et sur une note plus positive, le même TRANSIMS a fourni à la communauté des modélisateurs des idées et des outils, qui ont, eux, déjà trouvé une utilisation plus répandue. Le premier chapitre de la section III est consacré à l'aventure de TRANSIMS, qui, s'il marque un certain retour de l'Etat fédéral sur la scène de la modélisation des déplacements urbains, n'a pas réussi pour le moment à satisfaire les vœux de ses promoteurs et à devenir l'outil de modélisation privilégié des agences de planification des transports sur le sol américain.

Les deux chapitres suivants portent sur deux autres techniques de modélisation avancées : partageant toutes les deux plusieurs éléments communs avec le projet « TRANSIMS », elles ont connu une meilleure fortune pratique que le grand projet fédéral confié au « Los Alamos Laboratory ». Le deuxième chapitre de cette section retrace en effet l'histoire d'une approche connue sous le nom de « modélisation basée sur les activités » (« Activity-based modeling ») – notre historique porte sur la « partie » américaine de cette histoire –, qui ambitionne, pour aller vite, de remplacer les trois premières étapes de la « modélisation à quatre étapes » (la génération, la distribution et le choix modal). L'« activity-based approach » plonge ses racines dans les années 1970, voire au-delà, et s'appuie sur une série d'idées de base somme toute assez faciles à énoncer : on se déplace en général non pas pour le plaisir procuré par le trajet effectué mais pour accomplir des activités particulières ; nos déplacements sont le résultat des interactions avec les autres membres de notre ménage ; nos déplacements sont soumis à des budgets de temps finis et à des contraintes spatiales. Mais le réalisme sociologique de cette approche se traduit par une complexité computationnelle importante, et ce n'est que très récemment que des modèles opérationnels basés sur les activités ont vu le jour dans plusieurs grandes villes américaines.

Le chapitre suivant porte sur une autre nouveauté de la période, les modèles d'affectation dynamique (« Dynamic Traffic Assignment »). En dépit du progrès qu'a représenté le développement, à partir du début des années 1970, des algorithmes traitant de la question de l'affectation à l'équilibre basée sur le premier principe de Wardrop (ch. 4), les modèles opérationnels dont on dispose pour l'étape d'affectation vingt ans plus tard continuent à souffrir d'une série de limitations. Ils sont « statiques » et chargent le réseau avec des flux qui

restent *stables* à l'intérieur de la journée ou durant un laps de temps assez conséquent (les heures de pointe en général). De ce fait, ils ne peuvent pas saisir des phénomènes évoluant dans le *temps*, comme la congestion, ou les variations de trafic d'un jour à l'autre, et de ce fait leur potentiel d'usage dans le nouveau contexte créé par l'arrivée des « Systèmes de Transports Intelligents » est bien réduit. Les années 1990-2012 sont marquées par des recherches intensives visant à développer des modèles *d'affectation dynamique*, incorporant dans leur structure la dimension temporelle, et permettant de suivre l'évolution des flux sur les différents arcs du réseau dans le temps. Aujourd'hui, on dispose même en matière d'affectation dynamique d'une série de logiciels commercialisés, ce qui n'est pas le cas pour les modèles opérationnels basés sur les activités qui sont construits « sur mesure » et en fonction de la ville « cliente ». Notons aussi que la plupart de ces logiciels sont des produits fabriqués et diffusés par des firmes privées qui se sont déjà bâtis une réputation avec des logiciels portant sur l'affectation statique, telles INRO et « Caliper », même si l'Administration fédérale est également présente sur le terrain de l'affectation dynamique avec un logiciel appelé DYNASMART, élaboré par une équipe universitaire. Un autre élément à souligner parmi les nouveautés de la période et en lien avec le développement de modèles d'affectation dynamique est l'apparition sur la scène de la modélisation d'un acteur de type nouveau, qui transcende en quelque sorte la distinction secteur public/secteur privé : il s'agit des communautés organisées autour des « logiciels libres » (« open source communities »), ce qui est aussi le cas de TRANSIMS aujourd'hui<sup>845</sup>.

---

<sup>845</sup> Parmi les évolutions les plus récentes figure aussi un intérêt croissant pour une modélisation capable d'intégrer la question de l'urbanisme et la question des transports. On parle alors de « modélisation intégrée transport-usage du sol » (ILUT : « Integrated Land-Use Transportation » Modeling, ou LUTI : « Land-Use/Transport Interaction » Modeling). En dépit du fait que nous avons réuni beaucoup de documents sur ce type de modélisation aux Etats-Unis depuis les travaux pionniers de Stephan Putman dans la première partie des années 1970, nous avons décidé de ne pas inclure l'histoire de « ILUT » dans ce rapport. Un traitement approprié de la question, qui serait situé au même niveau de détail que notre analyse sur la modélisation des déplacements urbains, nécessiterait un espace dont on ne dispose pas : on aurait dû retracer, en effet, l'histoire d'une multitude de modèles d'usage des sols. Pour le lecteur intéressé par la question, nous proposons néanmoins, en guise d'introduction, les deux synthèses suivantes : Michael Wegener, « Overview of Land-Use Transport Models », dans David A. Hensher, Kenneth Button et al. (éd.), *Transport Geography and Spatial Systems*, vol. 5 : « Handbook in Transport », Oxford, Pergamon/Elsevier, 2004, p. 127-146 ; J.D. Hunt, D.S. Kriger et E.J. Miller, « Current Operational Urban Land-use-Transport Modelling Frameworks : A Review », *Transport Reviews*, vol. 25, n° 3, 2005, p. 329-376.



## CHAPITRE 6

### TRANSIMS et la tentative de retour de l'Etat fédéral

29 mai 1992 : Thomas Deen, président du puissant « Transportation Research Board » (TRB) reçoit une lettre de David Albright, responsable du « Research Bureau » au ministère des Transports du Nouveau Mexique (« New Mexico State Highway and Transportation Department » (NMSHTD))<sup>846</sup>. Thomas Deen est invité à lire et à commenter un « White paper » intitulé : « Transportation Analysis & Simulation System (TRANSIMS) : Simulation Environments, Tools, and Methodologies for Advanced Transportation System Development and Analysis »<sup>847</sup>. Cette lettre peut paraître banale au vu des fonctions occupées par les deux hommes. Mais à la lecture du document envoyé à Deen, les choses deviennent plus exotiques. Celui-ci a en effet été préparé par une équipe de chercheurs travaillant au « Los Alamos National Laboratory » (LANL).

Fondé en 1943, localisé au Nouveau Mexique, « Los Alamos » s'est certes illustré comme l'un de centres de recherches les plus importants dans le domaine des armes nucléaires, mais ses rapports avec la modélisation des déplacements urbains ont été, tout au long de son histoire, pour le moins distendus<sup>848</sup>. Et pourtant cette rencontre improbable a ses explications. La Guerre froide touchant à sa fin, LANL, à l'instar d'autres centres de recherches spécialisés dans les « arts » de la guerre, doit se tourner vers la recherche civile<sup>849</sup>. Les transports se présentent alors comme une opportunité de reconversion à saisir, spécialement après le vote des « Clean Air Act Amendements » (CAAA) de 1990 et de l'« Intremodal Surface

---

<sup>846</sup> Lettre de David Albright à Tom Deen, 29 mai 1992 (Archives personnelles de Thomas B. Deen : George Mason University Libraries, C0106, Box 50, Folder 8).

<sup>847</sup> Sur la couverture du rapport, on lit : « Rough Draft of TRANSIMS : Transportation Analysis and Simulation System », Prepared by Los Alamos National Laboratory and New Mexico State Highway and Transportation Department, Albuquerque, NM, Alliance for Transportation Research, sans date (vers avril/mai 1992) (Archives personnelles de Thomas B. Deen: George Mason University Libraries, C0106, Box 50, Folder 8). Cité désormais comme « TRANSIMS White Paper ». Aujourd'hui, il est considéré comme perdu : Rock Donnelly, Greg D. Erhardt, Rolf Moeckel et William A. Davidson (éd.), *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, NCHRP Synthesis n° 406, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2010, p. 15.

<sup>848</sup> Sur le « Los Alamos National Laboratory »: Jon Hunner, *Inventing Los Alamos : The Growth of an Atomic Community*, Norman, University of Oklahoma Press, 2004. Sur le thème « science et Guerre froide », voir, entre autres, le recent article de Sean Lawson, « Surfing on the edge of chaos: nonlinear science and the emergence of a doctrine of preventive war in the US », *Social Studies of Science*, vol. 41, n° 4, 2011, p. 563-584, qui contient une riche bibliographie.

<sup>849</sup> Laura Agnes McNamara, *Ways of Knowing about Weapons: the Cold War's End at the Los Alamos National Laboratory*, Ph.D. dissertation, The University of New Mexico, mai 2001.

Transportation Efficiency Act » (ISTEA) de 1991, qui montrent du doigt, comme nous l'avons vu, les limites de la modélisation pratiquée à l'époque en matière de déplacements urbains (Introduction de la section). En octobre 1991, « Los Alamos » décide de s'allier avec les « Sandia National Laboratories », deux Universités locales, l'« University of New Mexico » et la « New Mexico State University », ainsi que le « New Mexico State Highway and Transportation Department » (NMSHTD) pour former l'« Alliance for Transportation Research » (ATR)<sup>850</sup>. C'est David Albright qui est nommé Président de l'ART, et c'est à ce titre qu'il communique au patron du « Transportation Research Board » le projet de l'équipe de chercheurs du « Los Alamos National Laboratory ».

Pour confectionner leur « White Paper », ceux-ci ont dû commencer par se familiariser avec les transports et leur modélisation, domaine dont ils ignoraient un peu près tout avant que la Grande Histoire ne les force de s'y intéresser. Deux spécialistes de la modélisation des déplacements urbains, John Hamburg – celui qui, dans les années 1950 et 1960, a beaucoup œuvré, en tant que collaborateur de J. Douglas Carroll, Jr. à Detroit et à Chicago, à fonder la modélisation à quatre étapes<sup>851</sup> – et Rick Donnelly<sup>852</sup>, appartenant tous les deux au grand bureau d'études « Barton-Aschman Associates », passent alors deux mois sur place pour transmettre leurs savoirs et savoir-faire aux chercheurs du Los Alamos<sup>853</sup>. Mais TRANSIMS se veut quelque chose de totalement différent par rapport à tout ce qui s'est pratiqué à grande échelle jusqu'alors en matière de modélisation dans les transports. Ses promoteurs souhaitent bâtir une modélisation capable de prédire, et ce pour une région métropolitaine entière, les déplacements de tous les *individus pris un par un* et de reconstituer par simulation leurs déplacements *seconde après seconde* tout au long de la *journée*.

---

<sup>850</sup> Daniel S. Metzger, “A New Approach to Public-Private Cooperation in Transportation Research”, *Public Roads*, vol. 57, n° 1, été 1993

(disponible aussi à l'adresse :

<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/93summer/p93su22.cfm> (7 janvier 2013)).

<sup>851</sup> Sur Hamburg, voir la brève notice biographique au site : [http://sca.gmu.edu/finding\\_aids/hamburg.html](http://sca.gmu.edu/finding_aids/hamburg.html) (9 janvier 2013).

<sup>852</sup> Sur Rick Donnelly, qui va travailler à partir de 1994 pour « Parsons Brinckerhoff » dans l'agence d'Albuquerque au Nouveau Mexique, voir : <http://www.linkedin.com/pub/rick-donnelly/9/445/5b4> (13 mars 2013).

<sup>853</sup> Lettre de David Albright à Tom Deen, datée du 29 mai 1992 (Archives personnelles de Thomas B. Deen : George Mason University Libraries, C0106, Box 50, Folder 8).



Pour les données de l'époque, le projet est pharaonique et les personnes impliquées semblent le reconnaître : « The development of TRANSIMS is a very large, complex, multi-year undertaking. The size, complexity, and computational intensity of the project is on a scale that have never before been successfully attempted in the transportation community. The computational capability required for the TRANSIMS project is beyond the hardware/software capability that current exists in the transportation community. With the establishment of Los Alamos as one of the two High Performance Computing and Communications [HPCC] centers for DOE [Department of Energy], the nation is only now beginning to realize the computational capability required for large complex projects such as TRANSIMS. Los Alamos, by virtue of this HPCC capability, its success in the development of large scale simulations of complex human-in-the-loop systems<sup>854</sup> for DOE et DOD [U.S. Department of Defense], and its considerable experience in nearly all the relevant simulation, modeling, and analysis capabilities required for this project, is uniquely postured to undertake the TRANSIMS challenge” (TRANSIMS White Paper, p. 4).

Quelques jours après avoir reçu la lettre d'Albright accompagnée du “White Paper”, Deen prend sa plume pour commenter le projet<sup>855</sup>. La réponse est polie, mais son auteur ne semble pas partager l'enthousiasme de son interlocuteur et de l'équipe du « Los Alamos ». Le patron du « Transportation Research Board » reconnaît certes les mérites de la proposition – il écrit que si le projet réussit, il va « permit better estimates of the performance of the highway system under different proposals, and this in turn will enable better estimates of air quality impacts » –, mais visiblement il a ses doutes. Il estime que, si « TRANSIMS has gone to great length to describe the linkage of traffic simulation<sup>856</sup> with planning models, (...) it seems to ask the reader to take on faith the ability of the authors to make real advances on other fronts such as trip generation, distribution or modal split. Nothing new is said about how land use

---

<sup>854</sup> Un « Human-in-the-loop System » (HITL) est un système qui exige pour son fonctionnement l'interaction humaine, comme les simulateurs de vol ou de conduite.

<sup>855</sup> Lettre de Thomas Deen à David Albright, datée du 10 juin 1992 (Archives personnelles de Thomas B. Deen : George Mason University Libraries, C0106, Box 50, Folder 8).

<sup>856</sup> Contrairement à la modélisation des déplacements urbains qui est utilisée à des fins de planification des transports et opère souvent à la fois sur des temps longs (plusieurs années) et des espaces étendus (une ville, voire une région métropolitaine), les modèles de trafic, qui se développent également à partir des années 1950, modélisent (simulent) de façon beaucoup plus fine les flux des voitures sur le réseau. Beaucoup plus exigeants sur le plan computationnel, ils sont utilisés, à l'époque où la modélisation à quatre étapes se développe et devient l'outil-standard dans le domaine de la planification des transports, pour des aménagements et des régulations locaux (au niveau du carrefour, etc.). TRANSIMS se veut être à la fois un modèle de trafic et un modèle de déplacements urbains (de planification des transports).

might be integrated into the system and I'm not much impressed with the evaluation discussion". Et ce n'est pas tout. Vu la complexité des modèles proposés au sein de la structure globale du TRANSIMS, Deen se demande si on peut trouver, en dehors du « Los Alamos », un seul endroit doté des ressources informatiques nécessaires pour mobiliser TRANSIMS. Et quant au coût de la proposition, une cinquantaine de millions de dollars, c'est assurément trop élevé pour un programme de recherche « civil », d'après le patron du « Transportation Research Board ».

Deen est sceptique, mais ses réticences ne bloqueront pas le projet. TRANSIMS visiblement plaît à Washington. Dès la création du « Travel Model Improvement Program » (TMIP) en 1993 (Introduction de la section), non seulement ses responsables, dont le premier d'entre eux, un certain Frederick W. Ducca, Jr., mathématicien de formation qui s'y connaît en modélisation depuis l'époque de son Ph.D. obtenu en 1978<sup>857</sup>, placent TRANSIMS sur le « Track C » du TMIP, celui qui « involves major research to redesign travel and land use forecasting procedures to respond to the greater information needs required by ISTEA and CAAA ». TRANSIMS sera alors pendant des nombreuses années, et de loin, « the largest project in the program »<sup>858</sup>. Et quand le TMIP organise, les 14-17 août 1994, sa première conférence nationale, la centaine de spécialistes de la modélisation des déplacements urbains venant du monde de la recherche et du monde professionnel qui assistent à la manifestation auront droit à du TRANSIMS à haute dose. Toute la matinée du 16 août est dédiée à une présentation du projet par des chercheurs du « Los Alamos », alors que plusieurs ateliers de travail lui sont également consacrés<sup>859</sup>. Malgré le scepticisme, voire les protestations, de différents membres de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains, qu'ils soient universitaires, membres de bureaux d'études ou producteurs de logiciels<sup>860</sup>, l'Etat

---

<sup>857</sup> Frederick W. Ducca, Jr., *Retail and Service Employment Location : Simulation, Analysis and Projection*, Ph.D. dissertation in City and Regional Planning, University of Pennsylvania, 1978. Une brève notice de Ducca se trouve dans *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 17, août 2003.

<sup>858</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 1, août 1994.

<sup>859</sup> Travel Model Improvement Program (TMIP), *Conference Proceedings*, August 14 to 17, 1994, Fort Worth, Texas, Prepared by Gordon A. Shunk ("Texas Transportation Institute") et Patricia L. Bass ("Texas Transportation Institute"), Washington, D.C., U.S. Department of Transportation et U.S. Environmental Protection Agency. D'après la liste des participants (in *ibid.*, p. 63-65), tous les « grands » de la modélisation des déplacements urbains, qu'ils appartiennent au monde de la recherche ou au monde professionnel, sont présents à la conférence.

<sup>860</sup> Voir le propos de Martin Wachs, professeur de l'université de Californie à Los Angeles, président du « TMIP Review Panel », dans TMIP, *Conference Proceedings*, August 14 to 17, 1994, Fort Worth, Texas..., *op. cit.*, p. 9. Plusieurs entretiens que j'ai eus avec des représentants de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains confirment les témoignages rapportés par Wachs.

fédéral décide de ne pas lésiner sur les moyens économiques accordés au projet. A l'exception d'une très courte période, le soutien financier sera toujours au rendez-vous, de la naissance du projet jusqu'à nos jours. Qu'on juge par quelques chiffres. Entre 1992 et 2003, pas moins de trente-huit millions de dollars ont été dépensés pour TRANSIMS, dont les trois-quarts ont servi à financer les efforts de recherche et de développement entrepris par les chercheurs du « Los Alamos »<sup>861</sup>. Privé de financement pendant les années fiscales 2004 et 2005, TRANSIMS est (re)financé à hauteur de deux millions par an dans le cadre du SAFETEA-LU (« Safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act : A Legacy for Users »), voté en juillet 2005<sup>862</sup> : une partie de l'argent sert alors à financer la mise en application du TRANSIMS par les agences urbaines de planification des transports (« Metropolitan Planning Organization » (MPO)), intéressées par l'outil, le reste est pour le développement de celui-ci<sup>863</sup>. Et ce n'est pas tout : TRANSIMS va réussir à attirer des financements supplémentaires par d'autres sources, pour un montant s'élevant, vers 2007 à 4130000 dollars<sup>864</sup>. Il suffit de comparer ces chiffres avec la modeste somme de 500000 dollars par an consacrée, pendant la première moitié des années 2000, par le « Travel Model Improvement Program » à tous les autres projets soutenus à l'exception de TRANSIMS<sup>865</sup>, et on comprend l'amertume de nombreux « non élus », d'autant plus que les résultats obtenus jusqu'à présent peinent à convaincre de nombreux membres de la communauté des modélisateurs de l'intérêt du produit du « Los Alamos ». Mais n'anticipons pas. Retournons donc au Nouveau Mexique au moment où l'intensité des espoirs placés dans TRANSIMS est à son maximum, en 1992<sup>866</sup>.

Quand ils se mettent à l'école des transports, les chercheurs de « Los Alamos » impliqués dans la création du TRANSIMS ont derrière eux une dizaine d'années d'expérience en

---

<sup>861</sup> Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting, *Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction* (Special Report 288), Washington D.C., Transportation Research Board, 2007, p. 98.

<sup>862</sup> Sur « SAFETEA-LU », qui a continué le « Transportation Equity Act for the Twenty-First Century » (TEA-21), signé par le Président Clinton le 9 juin 1998, et lequel à son tour, continuait l'ISTEA de 1991, voir Edward Weiner, *Urban Transportation Planning in the United States : History, Policy, and Practice*, New York, Springer, 2008 (3<sup>e</sup> édition), p. 247-257. Sur le TEA-21, voir *ibid.*, p. 215-222.

<sup>863</sup> Pour les montants exacts, de 2006 à 2012, voir :

[http://www.fhwa.dot.gov/hep/step/about\\_step/strategy/index.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/hep/step/about_step/strategy/index.cfm) (11 janvier 2013).

<sup>864</sup> Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting, *Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction*, *op. cit.*, p. 99.

<sup>865</sup> *Ibid.*, p. 6.

<sup>866</sup> On va suivre l'évolution du projet sur la durée grâce notamment à la rubrique « TRANSIMS Travelogue » dans *TMIP Connection. The Travel Model Improvement Program Newsletter* (la première rubrique du « TRANSIMS Travelogue » date de janvier 1995).

matière de simulation, grâce notamment à des travaux faits pour le compte du ministère de la Défense (« Department of Defense » (DOD))<sup>867</sup>. Formant un groupe de vingt-cinq personnes environ pendant la période 1992-1995<sup>868</sup> – groupe qui sera en partie renouvelé suite au départ d’un certain nombre d’anciens et à l’arrivée de nouvelles recrues pendant les années qui suivent<sup>869</sup> –, les personnes qui participent à l’aventure du TRANSIMS sont dans leur majorité des scientifiques : mathématiciens, physiciens et informaticiens.

Ainsi LaRon L. Smith, entré à « Los Alamos » en 1974, nommé vingt ans plus tard « project coordinator » pour TRANSIMS, est un mathématicien, titulaire d’un Ph.D. en ingénierie nucléaire (Purdue University, 1971) et expert es « computer modeling and simulation »<sup>870</sup>. Un autre leader du projet, Christopher Barrett, est un ancien du CalTech (« California Institute of Technology »), titulaire aussi d’un Ph.D. portant sur des « Bioinformation Systems » (1985), spécialisé dans la théorie du contrôle et l’étude des systèmes dynamiques non-linéaires<sup>871</sup>. Arrivé à Los Alamos en 1991 comme « Post-doctoral Associate », Stephen Eubank, qui va jouer un rôle important dans le développement des « microsimulation components » du TRANSIMS, est un physicien (Ph.D. en physique de l’« University of Texas at Austin » en 1986), spécialiste des systèmes dynamiques non-linéaires (et du chaos)<sup>872</sup>. Membre du « Los Alamos National Laboratory » depuis 1971, Richard J. Beckman, nommé « Project Leader » du TRANSIMS pour la période 1997-2003, est, quant à lui mathématicien, titulaire d’une

---

<sup>867</sup> Darrell Morgenson, Ph.D., Los Alamos National Laboratory, « Introductory Remarks », dans *TMIP, Conference Proceedings*, August 14 to 17, 1994, Fort Worth, Texas..., *op. cit.*, p. 39-42 (p. 39).

<sup>868</sup> Dans un document présentant TRANSIMS, les auteurs remercient plusieurs personnes qui avaient participé au projet: Chris Barrett, Darrel Morgeson, Kathy Berkbigler, Mike Brown, Brian Bush, John Davis, Deborah Kubicek, Verne Loose, Mike McKay, Jack Morrison, Kai Nagel, Rob Oakes, Steen Rasmussen, Marcus Rickert, Jay Riordan, Doug Roberts, Paula Stretz, Stece Sydoriak, Gary Thayer, et Murray Wolinsky. Voir LaRon Smith, Richard Beckman, Keith Baggerly, Doug Anson, Michael Williams, *TRANSIMS: TRansportation Analysis and SIMulation System*, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545 (sans date, probablement 1994), “Acknowledgements”, p. 10.

<sup>869</sup> Sur la couverture d’un autre document daté de 2002, on trouve des noms nouveaux : K. R. Bisset, K. Campbell, S. Eubank, K.M. Henson, J.M. Hurford, M.V. Marathe, P.R. Romero, J.P. Smith, P.L. Speckman (du « National Institute of Statistical Sciences »), E. Van Eeckhoui. Voir C.L. Barrett, R.J. Beckman, K.P. Berkbigler, K.R. Bisset, B.W. Bush, K. Campbell, S. Eubank, K.M. Henson, J.M. Hurford, D.A. Kubicek, M.V. Marathe, P.R. Romero, J.P. Smith, L.L. Smith, P.L. Speckman, P.E. Stretz, G.L. Thayer, E. Van Eeckhoui, M.D. Williams, *TRansportation ANalysis SIMulation System (TRANSIMS)*, Version TRANSIMS – 3.0, Volume Four – Calibrations, Scenarios and Tutorials, Los Alamos National Laboratory, Mars 2002.

<sup>870</sup> Information tirée de: Thomas L. Henyey et Jill H. Andrews (compilation and summary), *Earthquakes and Urban Infrastructure. A Workshop*, January 27-28, 1998, Jointly Sponsored by the Southern California Earthquake Center and Los Alamos National Laboratory, Proceedings, 7 avril 1998, p. 49.

<sup>871</sup> [https://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Christopher\\_Barrett](https://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Christopher_Barrett) (18 janvier 2013).

<sup>872</sup> [https://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Stephen\\_Eubank](https://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Stephen_Eubank) (18 janvier 2013).

thèse de doctorat en statistiques (« Kansas State University », 1969)<sup>873</sup>. On lui doit notamment le développement d'un module important du TRANSIMS, celui du générateur de « la population synthétique » (voir plus bas), qu'il va développer en collaboration avec un autre docteur en mathématiques, Keith A. Baggerly (Ph.D. en statistiques de « Rice University », Houston, 1990), de bref passage à « Los Alamos », entre janvier 1994 et janvier 1996<sup>874</sup>. Catherine Campbell, membre du Laboratoire à partir de 1975, est physicienne à l'origine mais titulaire d'un doctorat en mathématiques, spécialisée dans l'usage des statistiques dans le domaine de la modélisation environnementale<sup>875</sup>. Parmi les jeunes membres du groupe, Keith Bisset est un « computer scientist (Ph.D. en computer science en 1998, délivrée par la « New Mexico State University »)<sup>876</sup>.

Mais le groupe TRANSIMS sera aussi très cosmopolite dans sa composition. Steeve Rasmussen est danois, titulaire d'un doctorat en physique dans son pays natal, obtenu en 1985. Quelques années plus tard, en septembre 1988, il intègre « Los Alamos », où il développe une série d'« approaches, methods, and applications for self-organizing processes in natural and artificial systems »<sup>877</sup>. Madhav Marathe, informaticien d'origine Indienne, fort d'une thèse en informatique (« State University of New York », à Albany, 1994), s'occupera, après son arrivée à « Los Alamos » en 1996 de la partie « software » du projet<sup>878</sup>. Un autre étranger dont la contribution sera aussi décisive pour l'avancement du projet est un jeune allemand, Kai Nagel. Né en 1965 à Cologne, Nagel dispose d'un diplôme français de troisième cycle (DEA en océanologie et météorologie) de l'Université de Paris VI et de l'École normale supérieure, suivi, en 1991, d'un « Diplom » en physique à l'université de Cologne portant sur des « computational physics models of cloud formation ». En 1994, Nagel obtient sa thèse de doctorat en informatique de l'université de Cologne pour sa recherche en simulation du trafic, sujet qu'il cultive depuis quelques années déjà<sup>879</sup>. C'est la question de la modélisation du trafic qui l'amène visiblement à « Los Alamos ». Pendant les périodes juillet-octobre 1993 et janvier-avril 1994, Nagel est « Research Assistant », membre

---

<sup>873</sup> [http://www.stat.vt.edu/development/abstracts/Bio\\_Beckman.pdf](http://www.stat.vt.edu/development/abstracts/Bio_Beckman.pdf) (CV de Beckman).

<sup>874</sup> <http://www.icrm2011.org/keynotes/assets/Baggerly%20CV%2002.07.11.pdf> (CV de Baggerly).

<sup>875</sup> <http://www.interfacesymposia.org/I00/I2000WebPage/mcnulty.htm> (18 janvier 2013).

<sup>876</sup> [http://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Keith\\_Bisset](http://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Keith_Bisset) (18 janvier 2013).

<sup>877</sup> <http://www.ees.lanl.gov/staff/steen/0607short-2.pdf> (CV 18 janvier 2013).

<sup>878</sup> [https://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Madhav\\_Marathe](https://www.vbi.vt.edu/faculty/personal/Madhav_Marathe) (18 janvier 2013).

<sup>879</sup> Voir par exemple: Kai Nagel et Michael Schreckenberg, « A cellular automaton model for freeway traffic », *Journal de Physique I France*, décembre 1992, p. 2221-2229.

du « Simulation Application Group ». Après sa thèse, il retourne à « Los Alamos », où il reste jusqu'en 1999, pour travailler sur TRANSIMS. Il occupera même, pour la période 1998-1999, la position de « Research Team Leader<sup>880</sup>. Pendant son séjour américain, Nagel va travailler avec un compatriote du nom de Marcus Rickert. Ayant le même profil que Nagel – physicien spécialisé dans des questions de simulation –, Ricker effectuera quatre séjours à Los Alamos durant la période 1994-1997, avant de soutenir sa thèse en informatique à l'université de Cologne en 1998 sur le thème de « Traffic Simulation on Distributed Memory-Computers »<sup>881</sup>.

Vu leur ancrage disciplinaire initial, les membres du groupe chargé de créer TRANSIMS ont dû se familiariser avec la littérature relative à la modélisation des transports avant de se lancer à la conquête de ce nouveau monde pour eux<sup>882</sup>. Pour la même raison, des échanges plus ou moins ponctuels avec des spécialistes de la modélisation des déplacements urbains sont enregistrés tout au long du projet. Ainsi Rick Donnelly, consultant travaillant à partir de l'année 1994 pour le compte du géant « Parsons Brinckerhoff », sollicité déjà au tout début, va-t-il continuer à prodiguer des conseils à l'équipe du TRANSIMS. Il va même cosigner un document avec plusieurs membres du groupe<sup>883</sup>. Un autre spécialiste de la modélisation des déplacements urbains, appartenant au monde académique cette fois, Ryuichi Kitamura, l'un des promoteurs les plus en vue de la modélisation dite « basée sur les activités » qui se développe aux Etats-Unis à la même époque (ch. 7) – approche que les chercheurs de « Los Alamos » vont également adopter pour bâtir certains modules du TRANSIMS –, va produire aussi un rapport à destination des constructeurs du TRANSIMS<sup>884</sup>. Mais force est de constater que, dans un premier temps du moins, ces derniers essaient de rompre avec les pratiques existantes – c'est le pari initial qui fonde d'ailleurs, l'aventure du TRANSIMS –, en

---

<sup>880</sup> Pour ces informations, je m'appuie sur un CV de Nagel datant du 23 mars 2003 (à l'époque l'auteur était affilié à l'Ecole polytechnique de Zurich) : <http://www-oldurls.inf.ethz.ch/personal/nagel/cv-etc/cv-a4.pdf> (18 janvier 2013).

<sup>881</sup> <http://www.the-rickerts.de/mr/cv.en.html> (18 janvier 2013).

<sup>882</sup> Voir les témoignages des : Darrell Morgeson, Vernon Loose, Michael Williams, Steen Rasmussen dans TMIP, *Conference Proceedings*, August 14 to 17, 1994..., *op. cit.*

<sup>883</sup> Kai Nagel, Paula Stretz, Martin Pieck, Shannon Leckey, Rick Donnelly, Christopher L. Barrett, *TRANSIMS traffic flow characteristics*, Los Alamos National Laboratory, Preprint, 30 juin 1998.

<sup>884</sup> K.S. Kurani et R. Kitamura, *Recent Developments and the Prospects for Modeling Household Activity Schedules*, Report prepared for the Los Alamos National Laboratory, Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, California, 1996.

s'inspirant plus de démarches et d'approches développées à l'extérieur du domaine de la modélisation des déplacements urbains.

Quelques trois ans après le lancement du projet, vers le milieu des années 1990, TRANSIMS a incontestablement passé un seuil important dans le processus de son développement<sup>885</sup>. Son architecture d'ensemble est plus ou moins stabilisée, alors qu'en même temps deux de ses modules, parmi les plus originaux sont suffisamment élaborés pour que l'équipe envisage de tester son produit sur des sites réels.

En 1995, les principaux modules de TRANSIMS ont comme noms : « Household and Commercial Activity Disaggregation », « Intermodal Route Planner », « Travel (ou « Traffic ») Microsimulation » et « Environmental Models and Simulation ». Qui plus est, un « feedback » est prévu entre le module de « Traffic microsimulation » et celui d'« Intermodal Route Planner »<sup>886</sup> (Encadré n° 1). Parmi ces modules, produisant des « outputs » qui deviennent des « inputs » pour les modules suivants, probablement les plus originaux, et sûrement les plus élaborés au milieu des années 1990, le premier module, et en particulier son « sub-module » dédié à la création d'une « population synthétique », ainsi que le troisième module, à savoir celui de « Traffic Simulation » sont particulièrement importants. Ce développement inégal des différentes parties du TRANSIMS reflète assez bien le type de compétences de l'équipe du « Los Alamos ». En effet, les modules qui sont les plus au point sont ceux qui exigent des compétences importantes en techniques mathématiques et autres méthodes de calcul.

L'idée de la « population synthétique » constitue assurément une innovation pour la communauté des modélisateurs des déplacements urbains au milieu des années 1990. Elle sera par ailleurs adoptée, séparée du reste de TRANSIMS, par plusieurs modélisateurs de ce champ, qu'ils soient académiques ou praticiens, et est aujourd'hui partie intégrante de la nouvelle

---

<sup>885</sup> Sur les 19 publications internes au TRANSIMS entre 1994 et 1997, 14 sont parues en 1995 (voir *Early Deployment of TRANSIMS*, Issue Paper, Revised August 1999, p. 27 :

[http://media.tmiponline.org/clearinghouse/issue\\_paper/issue\\_paper.pdf](http://media.tmiponline.org/clearinghouse/issue_paper/issue_paper.pdf). (10 janvier 2013).

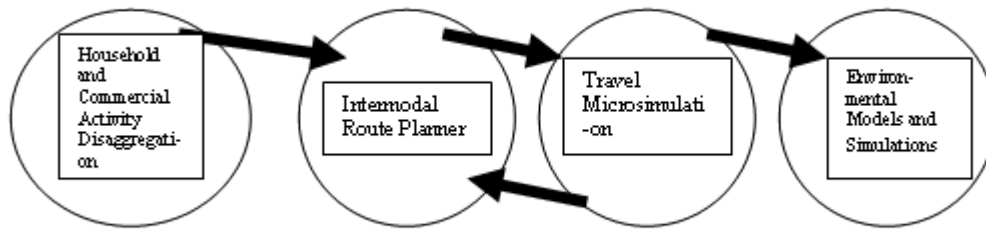
<sup>886</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 2, janvier 1995 ; Laron Smith, Richard Beckman, Keith Baggerly, Doug Anson, Michael Williams, *TRANSIMS: Transportation Analysis and SIMulation System*, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545 (sans date, vers le milieu des années 1990). Pour une présentation non technique du TRANSIMS, ainsi qu'un bref historique du projet à partir d'un nombre limité de documents, du milieu des années 1990 au milieu de la décennie suivante, voir Catherine T. Lawson, « Microsimulation for Urban Transportation Planning : Miracle or Mirage », *Journal of Urban Technology*, vol. 13, n° 1, 2006, p. 55-80.

génération de modèles dits basés « sur les activités », adoptés par une série de grandes villes aux Etats-Unis à partir des années 2000. C'est le principe de base de TRANSIMS qui appelle en quelque sorte au développement d'une « population synthétique ». Avant d'expliquer pourquoi, explicitons le concept. Une population synthétique est un objet artificiel, engendré à l'aide de méthodes statistiques à partir des données du recensement de la population réelle. Artificielle, la population synthétique n'en partage pas moins avec la population réelle les *mêmes* structures démographiques. Mais à quoi bon fabriquer une telle population virtuelle ? Rappelons que TRANSIMS (Encadré n° 1) se propose de modéliser *in fine*, et pour une région entière, les déplacements de *chaque* individu, et ce, seconde après seconde pour une période qui peut être assez longue (une journée par exemple). Pour ce faire, il ne peut pas se contenter, à l'instar de la modélisation pratiquée jusqu'alors, d'informations agrégées – des données « moyennes » sur la taille et les revenus des ménages habitant une zone de la ville, par exemple. Les données qui alimenteront TRANSIMS doivent porter sur chaque individu. Et c'est ici que le bâton blesse. Une enquête exhaustive portant sur tous les ménages et individus d'une région afin de capter leurs caractéristiques individuelles – et d'engendrer, à partir de ces caractéristiques, des schémas d'activités, générateurs eux-mêmes des plans de déplacements avec lesquels on va charger le réseau (Encadré n°1) – est impossible, ne serait ce que pour des raisons économiques. D'où l'idée de *simuler* les caractéristiques de chaque ménage et des individus qui le composent, à partir de données recueillies lors de recensements nationaux. A l'aide d'un simulateur, on produit alors une population « artificielle » composé d'individus « virtuels », mais qui est *statistiquement* équivalente à la population réelle (Soulignons ici la flexibilité permise par ce processus : à partir d'une population correspondant à une année donnée, on peut en créer d'autres pour des années à venir, en simulant simplement le processus de vieillissement de la population initiale.).



**Encadré n°1**  
**TRANSIMS (vers 1995)**

“The TRANSIMS Project objective is to develop a set of mutually supporting realistic simulations, models, and data bases that employ advanced computational and analytical techniques to create an integrated regional transportation systems analysis environment. (...) The integrated results from the detailed simulations will support transportation planners, engineers, and others who must address environmental pollution, energy consumption, traffic congestion, land use planning, traffic safety, intelligent vehicle efficacies, and the transportation infrastructure effect on the quality of life, productivity, and economy.



“The previous figure illustrates the TRANSIMS architecture. The TRANSIMS methods deal with individual behavioral units and proceed through several steps to estimate travel. TRANSIMS predicts trips for individual households, residents, freight loads, and vehicles rather than for zonal aggregations of households. The **Household and Commercial Activity Disaggregation Module** creates regional synthetic populations from census and other data. Using activity-based methods and other techniques, it produces a travel representation of each household and traveller”. “The **Synthetic Populations submodule** creates a regional population imitation whose demographics closely match that of the real population. The imitation's households also are distributed spatially to approximate the regional population distribution. The synthetic population's demographics are provided to the Activity Demand submodule to derive individual and household activities requiring travel. The household locations determine travel origins and destinations”. “The purpose of the **Household and Commercial Activity Disaggregation's Activity Demand submodule** is to generate household activities, activity priorities, activity locations, activity times, and mode and travel preferences. The activities and preferences are functions of the household demographics created by the Synthetic Population submodule. The Intermodal Route Planner uses the activities and preferences to determine individual's and load's trip plans for the region”.

“The **Intermodal Route Planner** involves using a demographically defined travel cost decision model particular to each traveler. Vehicle and mode availability are represented and mode choice decisions are made during route plan generation. The method estimates desired trips not made, induced travel, and peak load spreading. This allows evaluation of different transportation control measures and travel demand measures on trip planning behaviors.

The **Travel Microsimulation** executes the generated trips on the transportation network to predict the performance of individual vehicles and the transportation system. It attempts to execute every individual's travel itinerary in the region. For example, every passenger vehicle has a driver whose driving logic attempts to execute the plan, accelerates or decelerates the car, or passes as appropriate in traffic on the roadway network.

The Travel Microsimulation produces traffic information for the **Environmental Models and Simulations** to estimate motor vehicle fuel use, emissions, dispersion, transport, air chemistry, meteorology, visibility, and resultant air quality. The emissions model accounts for both moving and stationary vehicles. The regional meteorological model for atmospheric circulation is supplemented by a model for local effects. The dispersion model is used for directly emitted contaminants and handles both local and urban scale problems. The air chemistry model includes dispersion, but is designed to deal with secondary pollutant production on larger scales”.

**Source** : Laron Smith, Richard Beckman, Keith Baggerly, Doug Anson, Michael Williams, *TRANSIMS: TRansportation Analysis and SIMulation System*, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, sans date, vers le milieu des années 1990.

Sans surprise, ce sont les mathématiciens du groupe, guidés par Richard Beckman, qui se sont attelés à la tâche d'inventer des procédures mathématiques pour créer cette « population synthétique ». Ils vont signer les résultats de leurs efforts dans de nombreux documents, qui vont connaître, en 1995 et 1996, une large diffusion auprès de la communauté des modélisateurs à travers plusieurs canaux de diffusion. Ainsi les responsables du « Travel Model Improvement Program » vont largement diffuser un rapport rédigé par Beckman et ses collaborateurs<sup>887</sup>, lesquels seront également sollicités pour présenter leurs trouvailles à l'occasion de plusieurs conférences<sup>888</sup>. Un article a obtenu depuis le statut de classique en la matière, paru enfin en 1996, dans l'une des revues les plus cotées et lues par les modélisateurs des déplacements urbains : *Transportation Research*<sup>889</sup>.

Un autre module suffisamment élaboré au milieu des années 1990 pour qu'on puisse envisager de le tester sur des situations réelles est celui de « Traffic microsimulation »<sup>890</sup>. Ici l'apport de la composante allemande du groupe est déterminant. Nagel va, en effet, produire, seul ou en collaboration, plusieurs rapports sur des méthodes permettant de reproduire par simulation les mouvements des voitures sur le réseau, seconde après seconde, pour une période donnée<sup>891</sup>. Comme dans le cas de la « population synthétique », les chercheurs du « Los Alamos » feront de nouveau preuve d'originalité, puisque ils appliquent au phénomène

---

<sup>887</sup> Richard J. Beckman, Keith A. Baggerly et Michael D. McKay, *Creating Synthetic Baseline Populations*, Los Alamos National Laboratory, TRANSIMS Report Series, TMIP, Washington, D.C., sans date.

<sup>888</sup> Voir par exemple : Lynette J. Engelke (“Texas Transportation Institute”) (éd.), *Travel Model Improvement Program (TMIP), Activity-based Travel Forecasting Conference, June 2-5, 1996, Summary, Recommendations and Compendium of Papers*, Texas Transportation Institute, Texas A&M University System, Arlington Texas, février 1997; TRANSIMS en général, son module sur la « population synthétique » en particulier, ont été aussi présentés devant quelque 125 personnes lors de la seconde conférence annuelle sponsorisée par « Travel » qui a eu lieu à « Daytona Beach », Floride, les 4-6 décembre 1995 (voir *TMIPConnection.The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 5, mai 1996).

<sup>889</sup> Richard J. Beckman, Keith A. Baggerly et Michael D. McKay, “Creating Synthetic Baseline Populations”, *Transportation Research Part A*, vol. 30, n° 6, 1996, p. 415-29 (l'article est soumis à la revue le 23 juin 1995).

<sup>890</sup> « TRANSIMS Tavelologue, June 1995 » dans *TMIPConnection.The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 3, juillet 1995.

<sup>891</sup> Kai Nagel, *Particle Hopping Models, Traffic Flow Theory, and Traffic Jam Dynamics*, Los Alamos National Laboratory, TRANSIMS Report Series, 21 novembre 1995 (le rapport contient une très bibliographie); Christopher L. Barrett, Steven Eubank, Kai Nagel, Steen Rasmussen, Jason Riodan, Murray Wolinsky, *Issues in the Representation of Traffic Using Multiresolution Cellular Automata*, Los Alamos National Laboratory, TRANSIMS Report Series, sans date (vers 1995); Kai Nagel, Steen Rasmussen, Christopher L. Barret, *Network Traffic as a Self-Organized Critical Phenomena*, Los Alamos National Laboratory, TRANSIMS Report Series, 20-28 septembre 1995; Kai Nagel, Christopher L. Barrett et Marcus Rickert, *Parallel Traffic Micro-simulation by Cellular Automata and Application for Large Transportation Modeling*, Los Alamos National Laboratory, TRANSIMS Report Series, 6 janvier 1996. Pour une liste plus large des rapports publiés par le groupe, voir *Early Deployment of TRANSIMS*, Issue Paper, *op. cit.*, p. 27.

du trafic une théorie, celle des « automates cellulaires » (« Cellular Automata »), avec laquelle les modélisateurs dans le domaine des modélisations urbaines étaient peu, voire pas du tout, familiers.

Or, les physiciens pratiquaient déjà cette théorie, dont les prémices, posés par Johann von Neumann (1903-1957), datent de la fin des années 1940<sup>892</sup>. Les spécialistes de la mécanique statistique notamment l'utilisent pour reconstituer des phénomènes macroscopiques sur la base des interactions entre les (nombreuses) parties élémentaires du système étudié<sup>893</sup>. Et si on mettait à la place des particules de la physique, les parties élémentaires qui composent d'autres systèmes, qu'ils soient naturels ou artificiels<sup>894</sup>, comme les voitures circulant sur un réseau d'autoroutes, par exemple ? L'usage d'automates cellulaires (AC) pour étudier le trafic date du tout début des années 1990<sup>895</sup>. Parmi les pionniers de cet usage figure un certain Nagel<sup>896</sup>. En s'installant à Los Alamos, Nagel, en collaboration avec plusieurs membres du groupe TRANSIMS qui combinent le profil de physicien et celui de spécialiste des systèmes dynamiques non linéaires, Barrett, Eubank et Rasmussen en particulier, va développer un modèle original de trafic, inspiré par la théorie des automates cellulaires. L'idée de base est la suivante : le réseau de la voirie est découpé en un très grand nombre de « cellules », d'une longueur proche de la taille d'une voiture – autour de 7-8 mètres, à savoir l'espace occupé par un véhicule dans des conditions de congestion. A chaque pas de temps (« time step »), la voiture se meut d'une cellule à l'autre sur la base d'un certain nombre de règles dont on dote le conducteur – celui-ci est censé, par exemple, faire baisser la vitesse de conduite quand la distance avec la voiture devant lui diminue, ou, il change de couloir pour doubler des voitures

---

<sup>892</sup> Un bref historique de la théorie des automates cellulaires est donné par Brian L. Heath dans sa thèse de doctorat : Brian L. Heath, *The History, Philosophy, and Practice of Agent-Based Modeling and the Development of the Conceptual Model for Simulation Diagram*, Ph.D. dissertation, Wright State University, 2010 (la thèse contient des références relevant du domaine des transports, publiées dans les années 2000 pour l'essentiel).

<sup>893</sup> Voir par exemple l'article classique de Stephen Wolfram, « Statistical mechanics of cellular automata », *Reviews of Modern Physics*, 55, 1983, p. 601-644, ainsi que le livre édité par ses soins, également largement lu et cité : S. Wolfram (éd.), *Theory and Applications of Cellular Automata*, Singapore, World Scientific Press, 1986. Une bonne synthèse est fournie par Bastien Chopard et Michel Droz, *Cellular Automata Modeling of Physical Systems*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998.

<sup>894</sup> Pour rester dans des domaines proches de la science du trafic, tels que les « urban studies », voir : Michael Batty, « Cellular Automata and Urban Form : A Primer », *Journal of the American Planning*, vol. 63, n° 2, 1997, p. 266-274 ; les différents articles parus dans *Environment and Planning B : Planning and Design*, vol. 28, 2001, numéro entièrement consacré au thème « automates cellulaires et simulation urbaine ».

<sup>895</sup> Pour une bibliographie sur la question, voir : Kai Nagel, *Particle Hopping Models, Traffic Flow Theory, and Traffic Jam Dynamics...*, *op. cit.*; Sven Maerivoet et Bart De Moor, « Cellular automata models of road traffic », *Physics Reports*, 419, 2005, p. 1-64 (143 références).

<sup>896</sup> Kai Nagel et Michael Schreckenberg, « A cellular automaton model for freeway traffic », *Journal de Physique I France*, décembre 1992, p. 2221-2229.

plus lentes.... L'interaction de toutes ces « cellules » dans l'espace et dans le temps reconstitue sur le plan macroscopique le trafic sur le réseau, en faisant émerger des phénomènes macroscopiques comme les embouteillages. Facile à énoncer dans son principe de base, ce type de microsimulation – « micro », car on modélise de menues entités, des « agents individuels » comme chaque voiture prise isolément – pose des problèmes redoutables de calcul quand il s'agit de simuler l'évolution du trafic sur un large réseau qui accueille plusieurs milliers de voitures. Après avoir essayé différents supports informatiques et recouru à des techniques de calcul parallèle<sup>897</sup>, l'équipe a réussi à faire exécuter le module de « Traffic microsimulation » dans des temps acceptables pour les besoins de la pratique en se servant d'un réseau informatique réunissant plusieurs « stations de travail » de type SUN<sup>898</sup>.

Comme pour le cas de la « population synthétique », les travaux de Nagel et de ses collaborateurs sur le module du « Traffic Microsimulator » ont fait immédiatement l'objet d'une large diffusion à travers plusieurs rapports produits par l'équipe du « Los Alamos » et diffusés par le « Travel Model Improvement Program » (TMIP), par l'intermédiaire de présentations lors de conférences<sup>899</sup>, et *via* des publications dans des revues scientifiques, de physique notamment<sup>900</sup>, même si Nagel finira par publier, en 1998, un article dans la revue du « Transportation Research Board » à destination des modélisateurs des déplacements urbains<sup>901</sup>.

---

<sup>897</sup> Dimitri Bertsekas, David Castanon, Jonathan Eckstein et Stavros Zenios, « Parallel Computing in Network Optimization », dans M.O. Ball et *al.* (éd.), *Handbooks in OR & MS*, vol. 7, Elsevier, 1995, p. 331-399. Sur l'usage du calcul parallèle pour un autre modèle de simulation du trafic à la même époque, voir : Gordon D.B. Cameron et Gordon I.D. Duncan, « PARAMICS – Parallel Microscopic Simulation of Road Traffic », *The Journal of Supercomputing*, vol. 10, 1996, p. 25-53.

<sup>898</sup> Rappelons que cette station de travail, développée initialement par le « Computer Systems Laboratory » de « Stanford University » au tout début des années 1980, a donné lieu depuis à des produits commercialisables bien connus (Paul E. Ceruzzi, *A History of Modern Computing*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2003 (2<sup>e</sup> éd.), ch. 9). Pour les différents tests voir: Kai Nagel et *al.*, *Parallell traffic micro-simulation by cellular automata and application for large transportation modeling*, *op. cit.* ; K. Nagel et A. Scjleicher, « Microscopic traffic modeling on parallel high performance computers », *Parallel Computing*, vol. 20, 1994, p. 125-146. Pour le choix final en faveur du dispositif « stations de travail SUN interconnectées », voir : *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter* : n° 3, juillet 1995 ; n° 6, novembre 1996 ; n° 7, novembre 1997.

<sup>899</sup> Lors de la « Fifth National Conference on Transportation Planning Methods Applications », tenue à Seattle en avril 1995, par exemple, ou pendant la seconde conférence annuelle sponsorisée par TMIP, à « Daytona Beach » à Floride les 4-6 décembre 1995.

<sup>900</sup> Voir, par exemple : Kai Nagel, « Particle hopping models and traffic flow theory », *Physical Review E*, 53, 1996, p. 4655-4670. P. Wagner, K. Nagel et D. Wolf, « Realistic multi-lane traffic rules for cellular automata », *Physica A*, 234, p. 687.

<sup>901</sup> Kai Nagel, « From Particle Hopping Models to Traffic Flow Theory », *Transportation Research Record*, n° 1644, 1998, p. 1-9.

Comment cette communauté a-t-elle accueilli les travaux de Nagel et de ses collègues ? L'idée d'utiliser la théorie des automates cellulaires pour simuler le trafic sur un réseau intéressera certains spécialistes de la modélisation des déplacements urbains, et pas de moindres, à l'instar d'un Daganzo par exemple<sup>902</sup>. Mais cette intérêt reste toujours relativement limité et cette technique n'a pas connu pour l'instant dans le champ de la modélisation des déplacements urbains la diffusion sur le plan opérationnel dont a bénéficié, en revanche, l'autre contribution originale de l'équipe du « Los Alamos » à la même époque, l'idée de la « population synthétique ». Qui plus est, si on abandonne le présent et l'histoire jugée pour se transporter au moment où le groupe du TRANSIMS commence à rendre public ses découvertes, force est de constater le fort scepticisme avec lequel elles ont été souvent accueillies par les professionnels de la modélisation des déplacements urbains. Plusieurs rumeurs répandues au sein de la communauté accompagnent, en effet, le développement du TRANSIMS, au point que les responsables du « Travel Model Improvement Program » qui soutient financièrement le projet se sentent obligés de les dissiper par voie écrite<sup>903</sup>. Non, TRANSIMS ne conduit pas à l'effondrement du système électrique chaque fois qu'il tourne sur ordinateur. Non, même si le projet a pris un peu de retard, ce ne seront pas les petits enfants des modélisateurs d'aujourd'hui qui, si tout va bien, seront les premiers à pouvoir jouer avec un prototype de TRANSIMS. Non, ce dernier n'a besoin ni de dix superordinateurs « CRAY » ni de sacrifices de sang humain pour tourner sur un ordinateur. Il est faux que TRANSIMS a besoin d'une semaine pour simuler vingt-quatre heures de trafic sur le réseau. Non, même s'il est vrai qu'il est plus gourmand en données que la modélisation à quatre étapes, on n'a pas besoin de coder tous les cavités sur chaque chaussée du réseau prise une par une pour que TRANSIMS puisse devenir opérationnel.

Un test sur un réseau réel va-t-il réussir à dissiper les inquiétudes de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains, exprimées souvent, nous venons de le voir, sous

---

<sup>902</sup> Voir l'excellent article de synthèse par : Sven Maerivoet et Bart De Moor, "Cellular automata models of road traffic", *op. cit.*. Voir aussi : Xin Zhang et Gang-Len Chang, "Cellular Automata-Based Model for Simulating Vehicular-Pedestrian Mixed Flows in a Congested Network", *Transportation Research Record*, n° 2234, 2011, p. 116-124 ; et les textes de Daganzo lui-même : Carlos F. Daganzo, *In Traffic Flow, Cellular Automata = Kinematic Waves*, Rapport UCB-ITS-RR-2004-05, Institute of Transportation Studies, University California-Berkeley, octobre 2004; Carlos F. Daganzo, « In Traffic flow, cellular automata = kinematic waves », *Transportation Research Part B*, vol. 40, 2006, p. 396-403.

<sup>903</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 6, novembre 1996 (rubrique « Myths and Facts of TRANSIMS »).

forme de sarcasmes ? Peut-être, mais il faudra trouver d'abord un site d'accueil. Alors que leur produit est encore en voie d'élaboration, les concepteurs du TRANSMIS prennent leur bâton de pèlerin et visitent six agences urbaines de planification des transports (« Metropolitan Planning Organizations » (MPO))<sup>904</sup>. Après des discussions avec le personnel des agences, sur les ressources de chaque MPO mais aussi sur leurs attentes vis-à-vis du TRANSIMS, les membres du « Los Alamos » trouvent que la MPO de « Dallas-Fort-Worth »<sup>905</sup> s'est montrée la plus enthousiaste à l'égard de leur produit, et décident, en 1995, d'utiliser cette région métropolitaine pour conduire le premier grand test du module de « Traffic microsimulation » sur un réseau réel<sup>906</sup>.

L'équipe de Los Alamos et l'agence choisissent alors pour les besoins du test une zone de l'aire métropolitaine réputée pour ses problèmes de congestion<sup>907</sup>. Traversée par deux autoroutes<sup>908</sup>, cette portion d'espace urbain, qui s'étend sur une surface de 25 miles carrés, a permis la simulation d'environ 200 000 mouvements de voitures (« vehicle trips ») pendant les quatre heures de pointe matinale. L'équipe a testé la capacité du « Traffic Simulator » à reproduire les mouvements des voitures observés sur le site d'expérimentation, a utilisé le module pour examiner deux *scenarii* d'amélioration du réseau existant<sup>909</sup>, elle a enfin procédé à des tests portant sur le comportement du modèle, sa sensibilité aux variations des données qui l'alimentent en particulier<sup>910</sup>. Même si les spécialistes de l'agence trouvent que les prédictions du modèle s'écartent de façon sensible du trafic observé pour la classe de routes jouant le rôle de « collecteur » de trafic (« collector »), un consensus sur les performances globales du « Traffic Simulator », son temps d'exécution y compris, jugées satisfaisantes, est

---

<sup>904</sup> Les six MPOs en question étaient Dallas-Fort Worth, Boston, Portland (Oregon), Oakland, Chicago et Denver.

<sup>905</sup> NCTCOG : « North Central Texas Council of Governments ».

<sup>906</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 2, janvier 1995. Notons que, avant le grand test à Dallas-Fort Worth, d'autres démonstrations du module avaient été déjà produits sur deux « Interstate Highways » traversant la ville d'Albuquerque (Nouveau Mexique), alors qu'un autre test avait été effectué sur le réseau d'autoroutes allemand (in *ibid.*).

<sup>907</sup> La zone est étendue autour du centre commercial « Galleria », le plus grand de son genre à Dallas.

<sup>908</sup> Il s'agit de la: « Lyndon B. Johnson Freeway » (Interstate n° 635) et du « Dallas North Tollway ».

<sup>909</sup> Le premier scénario consiste à ajouter un couloir supplémentaire à l'une de deux autoroutes qui traversent le site (I-635); l'autre, à produire différentes modifications sur le reste du réseau (non-autoroutier) de la zone.

<sup>910</sup> Il s'agissait d'estimer les parts respectives du modèle et des données dans la variabilité des résultats obtenus après une simulation. Rappelons que, le module de « microsimulation » étant de nature stochastique, les résultats fournis après une simulation (les « outputs ») sont chaque fois différents même si les données qui alimentent le modèle sont strictement les mêmes.

établi à la fin de l'expérimentation en 1997<sup>911</sup>. TRANSIMS, fait, en tout cas, la fierté du « Los Alamos », à tel point que quand le président Clinton visite le centre le 3 février 1998, une démonstration sur ordinateur des résultats obtenus à Dallas est offerte au chef de l'Etat<sup>912</sup>.

A la fin de cette première expérimentation, la version TRANSIMS 1.0 du logiciel est installée sur le « SUN Unix Computer » de l'agence de planification de la région de Dallas, alors que le personnel de celle-ci peut pénétrer les arcanes du modèle à l'aide d'un premier manuel fort de plus de 350 pages<sup>913</sup>. En même temps, tout en envoyant le logiciel du module de « Traffic microsimulation », quelque peu revu à la lumière de l'expérience texane, à un nombre limité d'autres agences de planifications pour des contrôles et échanges supplémentaires, l'équipe du TRANSIMS s'apprête à faire subir à son produit une deuxième épreuve, bien plus difficile. Il s'agit maintenant de tester la *totalité* du TRANSIMS, qui a connu entre temps un certain nombre de modifications, à commencer par l'appellation de ses modules élémentaires et les nombre de boucles de rétroaction prévues entre ces derniers (Encadré n° 2). Et pour rendre les choses encore plus excitantes, on décide de changer d'échelle et d'utiliser un réseau bien plus grand que celui contenu dans les vingt-cinq miles carrés de « Dallas-Fort Worth ». C'est la région métropolitaine de Portland, dans l'Oregon, qui va accueillir, à partir de 1998, six ans après la rédaction du « White Paper » qui annonçait la naissance du projet, cette seconde expérience, qui, disons-le tout de suite, dure toujours<sup>914</sup>.

Plusieurs raisons ont milité en faveur de ce second site. METRO, l'agence de planification des transports pour Portland et, plus généralement, l'Etat d'Oregon *via* son « Département of Transportation » sont particulièrement dynamiques à cette époque en matière de modélisation des déplacements urbains. Ainsi METRO, apparemment parmi le petit nombre des agences de planification des transports aux Etats-Unis qui disposent de ressources internes importantes en

---

<sup>911</sup> Travel Model Improvement Program, *Transportation Analysis Simulation System (TRANSIMS) : The Dallas Case Study*, prepared by Los Alamos National Laboratory et Texas Transportation Institute, janvier 1998; Ken Cervenka, "Large-Scale Traffic Microsimulation From an MPO Perspective", dans Rick Donnelly et Julie Dunbar (éd.), *Proceedings of the Sixth TRB Conference on the Application of Transportation Planning methods*, 19-23 may 1997, Dearborn (Michigan), décembre 1997, p. 314-320 (sur la façon dont la NCTCOG a vécu l'expérimentation); Kai Nagel, Patrice M. Simon, Marcus Rickert, Jörg Esser, *Iterated Transportation Simulation for Dallas and Portland* (very extended Abstract), Los Alamos National Laboratory, 2 septembre 1998; *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 7, novembre 1997.

<sup>912</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 8, juillet 1998.

<sup>913</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 8, juillet 1998; *TRANSIMS User Notebook : Version 1.0.*, Los Alamos National Laboratory Report, avril 1998.

<sup>914</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 8, juillet 1998, pour une présentation détaillée des opérations prévues.

matière de modélisation<sup>915</sup>, collabore, depuis le milieu des années 1990, avec John L. Bowman, à l'époque étudiant en formation doctorale au « Massachusetts Institute of Technology », qui développe dans le cadre de ses études doctorales un modèle des déplacements urbains qui tranche avec la modélisation à quatre étapes<sup>916</sup>.

Vue son ampleur, la nouvelle opération appelle des ressources importantes pour sa mise en œuvre. Le cercle des partenaires du projet TRANSIMS est alors élargi. Un contrat est ainsi passé avec le « National Institute of Statistical Sciences » (NISS)<sup>917</sup>, pour que celui-ci travaille, à partir de l'« enquête ménages déplacements » réalisée à Portland en 1994/95 selon un nouveau protocole qui le rend plus riche en données sur les pratiques de déplacements des individus et des ménages<sup>918</sup>, sur le « submodule » du TRANSIMS chargé de modéliser les activités des individus dans la journée, et qui se trouvent à l'origine de leurs déplacements. C'est un statisticien, Paul L. Speckman, qui a déjà travaillé avec un membre influent de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains, Eric Pas, spécialisé justement dans la question de la transformation des programmes d'activités en plans des déplacements, qui est impliqué dans ce contrat<sup>919</sup>. Les services aussi de Mark Bradley, un autre modélisateur très connu, sont aussi mobilisés<sup>920</sup>.

Alors que la seconde opération d'expérimentation du TRANSIMS à Portland fait ses premiers pas, le projet entre dans une nouvelle phase de son développement, non pas tant du point de vue de son contenu mais de son statut juridique. Conçu et développé jusqu'alors par un centre de recherche, TRANSIMS dans sa version de l'époque est loin d'être un produit suffisamment attractif pour capter spontanément l'intérêt de clients potentiels. Nous avons déjà parlé du scepticisme initial de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains à l'égard du

---

<sup>915</sup> Sur cette question, voir le rapport de synthèse : GAO (U.S. Government Accountability Office), *Metropolitan Planning Organizations : Options Exist to Enhance Transportation Planning Capacity and Federal Oversight*, Report to the Ranking Member, Committee on Environment and Public Works, U.S. Senate, Washington; D.C., septembre 2009 (p. 12, pour des données statistiques).

<sup>916</sup> Voir Oregon Department of Transportation, Transportation Planning Analysis Unit, MW Consulting, PB Consult, Inc., *The Oregon Modeling Improvement Program: An Overview*, Salem (OR), Oregon Department of Transportation, juin 2002.

<sup>917</sup> Sur l'institution, fondée en 1990, voir son site : <http://www.niss.org/>.

<sup>918</sup> Travel Model Improvement Program, *Data Collection in the Portland, Oregon Metropolitan Area Case Study*, prepared by Cambridge Systematics, juin 1996.

<sup>919</sup> Sur Speckman, (Ph.D. en 1976, "University of California" – Los Angeles), voir <http://www.stat.missouri.edu/~speckman/> (23 janvier 2013).

<sup>920</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 8, juillet 1998.



travail des chercheurs de « Los Alamos », véritables intrus dans un milieu hautement structuré depuis longtemps. Et même après le premier test texan, force est de constater que l'usage du TRANSIMS reste une affaire compliquée et réservée à des spécialistes<sup>921</sup>.

## Encadré 2

### TRANSIMS en 1997

Vers 1997, TRANSIMS est composé de parties (en gras), les plus souvent liées entre elles par des boucles de rétroaction.

**“Activity-Based Travel Demand** estimates the number, characteristics and locations of activities in which individuals will participate during the forecast period. Activities are work, shopping, recreation, etc. These activity estimates are based on characteristics of individuals, their households and vehicles determined by a **synthetic population generator**.

**Intermodal Trip Planning** computes combined route and mode trip plans to accomplish individuals' desired activities. Intermediate activities such as shopping may occur during the routing of a principal trip such as work. TRANSIMS maintains the identities and characteristics of individual drivers, vehicles and other travelers throughout their trips. Trips are identified by specific geographic points of origin and destination.

**Traffic Microsimulation** computes the movement of persons, goods and vehicles on the simulated transportation network second by second during the forecast period. The microsimulation continuously computes the operating status of all vehicles and engines throughout the trips, including locations, speeds, acceleration or deceleration. Every motor vehicle in the study area is monitored in this way, thereby indicating areas and times of traffic congestion and emission concentrations.

**Air Quality Analyses** identify the kinds of emissions and calculate the effects of emissions on the atmosphere in the study area. The air quality module estimates the nature, amount and conditions of emissions by each motor vehicle. The output of the emissions modules are consistent with airshed models”.

**Source** : *TMIP.Connection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 7, novembre 1997

Si on compare la structure de TRANSIMS avec l'architecture de la modélisation à quatre étapes, on peut dire que les parties « Activity-Based Travel Demand » et « Intermodal Trip Planning » prises ensemble remplissent des « fonctions » équivalentes aux trois premières étapes de la modélisation à quatre étapes (« génération », « distribution » et « choix modal »), alors que l'« Intermodal Trip Planning » et le « Traffic Microsimulation » assurent des tâches remplies par la dernière étape, celle de l'« affectation ». Evidemment TRANSIMS fait davantage que la modélisation à quatre étapes, nous l'avons vu, par exemple, avec le cas du « Trafic Simulator », dont l'équivalent n'existe pas au sein de la modélisation à quatre étapes. Pour une mise en regard des deux structures, voir l'article très éclairant de Laurence R. Rillet, « Transportation Planning and TRANSIMS Microsimulation Model : Preparing for the Transition », *Transportation Research Record*, n° 1777, 2001, p. 84-92.

Entre autres, l'interface utilisateur du logiciel laisse beaucoup à désirer. Alors que l'équipe de « Los Alamos » doit achever son travail de développement du modèle pour le mois de décembre 1999, et qu'on espère terminer la démonstration des capacités du TRANSIMS sur le site de Portland pendant l'été 2000, on cherche à trouver un partenaire pour développer un

<sup>921</sup> Voir les déclarations de Ken Cervenka, de l'agence de planification de la région métropolitaine de Dallas-Fort Worth, suite à l'expérimentation qui a eu lieu dans sa ville : « Considerable sensitivity testing and evaluation of the new tools remains to be done – much more than we can possibly do ourselves, which is why we want universities and consultants to actively participate in TRANSIMS testing and evaluation » (Ken Cervenka et Mahmoud Ahmadi, North Central Texas Council of Governments, “Getting Ready for TRANSIMS”, dans *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 8, juillet 1998).

« user friendly TRANSIMS software », dont l'architecture avait pourtant été déjà fait l'objet de tous les soins et avait été confiée à une équipe de spécialistes<sup>922</sup>. Ceux qui sont intéressés pour porter TRANSIMS sur le marché de logiciels sont invités à atteindre l'« Opportunity Forum », prévu pour les 28-30 juin 1999 à « Santa Fe » au Nouveau Mexique. Parallèlement, l'Administration fédérale prévoit également, à côté des trois opérations que nous venons de mentionner, un financement spécial à destination des agences urbaines de planification des transports et autres acteurs, comme les ministères des Transports de différents Etats, qui seraient prêts à s'engager sérieusement dans un processus ayant comme but final le remplacement de leurs modèles actuels de déplacements urbains par TRANSIMS<sup>923</sup>.

La manifestation de Santa Fe semble être un succès. Elle arrive à attirer une cinquantaine de personnes non impliquées jusqu'alors dans l'aventure du TRANSIMS, qui vont assister à une présentation du modèle assurée par une équipe de neuf spécialistes, venant du « Los Alamos » et du METRO, l'agence de planification des transports pour la ville de Portland, pour la plupart d'entre eux. Dans le public, on trouve des représentants de la firme « PricewaterhouseCoopers », le colosse multinational du *consulting*<sup>924</sup>, qui obtient le marché<sup>925</sup>. Pour son travail du « relookage » du TRANSIMS, « PricewaterhouseCoopers » reçoit de l'Administration fédérale la somme de sept millions de dollars environ<sup>926</sup>. Elle met immédiatement en place une équipe dédiée à cette tâche, à la tête de laquelle on trouve un certain Mike Bridges, titulaire d'un MBA dans le domaine du « Production and Operations Management » de l'« Ohio State University ». Dans un entretien datant du 8 décembre 2000, ce dernier espère alors pouvoir accomplir la mission qui lui a été confiée au début de l'année

---

<sup>922</sup> Voir : K.P. Berkgigler (« Computer Research and Applications Group »), B.W. Bush (« Energy and Environmental Analysis Group ») et J.F. Davis (« Software Design and Development Group »), *TRANSIMS Software Architecture for IOC-1*, Los Alamos National Laboratory, 24 avril 1997.

<sup>923</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 9, mars 1999.

<sup>924</sup> La firme est créée en 1998, suite à une fusion entre « Price Waterhouse » et « Coopers & Lybrand »; Voir : <http://www.pwc.com/>; <http://en.wikipedia.org/wiki/PricewaterhouseCoopers> (15 janvier 2013); Sur le travail réalisé par la firme sur TRANSIMS, voir : Los Alamos National Laboratory and PriceWaterhouseCoopers, *TRANSIMS-3.0 Documents*, vol. 3, Washington, U.S. Department of Transportation, 2002.

<sup>925</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter* : n° 10, décembre 1999 ; n° 11, décembre 2000.

<sup>926</sup> <http://fcw.com/articles/1990/01/01/company-soups-up-traffic-simulator.aspx> (15 janvier 2013); <http://www.indeed.com/r/William-%28Mike%29-Bridges/03baa1853b604d0a> (15 janvier 2013)(il s'agit du CV de Bridges).

2002<sup>927</sup>. En septembre 2001, on croit toujours être en mesure de sortir la première version commerciale du TRANSIMS au printemps 2002<sup>928</sup>.

Entre temps, les opérations de séduction auprès des utilisateurs potentiels du TRANSIMS, les modélisateurs des déplacements urbains, se poursuivent. Ainsi lors la rencontre annuelle du « Transportation Research Board » pour l'année 2000, une session spéciale TRANSIMS est organisée, avec plusieurs orateurs venant de la « Federal Highway Administration », du « Los Alamos » et du « Texas Transportation Institute » prêcher la cause du projet fédéral<sup>929</sup>. L'expérience est renouvelée l'année suivante en plus grand, puisque deux sessions et une table ronde sont consacrées au TRANSIMS, animées par des membres du « Los Alamos », comme Richard Beckman, du personnel du METRO (Portland) et des consultants du « PwC Consulting », la filiale technique de la firme « PricewaterhouseCoopers »<sup>930</sup>.

En même temps qu'on se prépare activement à une commercialisation à grande échelle du TRANSIMS, on essaie d'intéresser également la communauté académique. Déjà au moment même où on avait commencé à songer à l'avenir du produit, on prévoyait des licences spécifiques pour les chercheurs (« research licenses »), avec l'espoir que « sharing TRANSIMS with universities will spread the TRANSIMS methods and technology into university research, develop competencies in the TRANSIMS sciences, and help prepare tomorrow's transportation planners for exercising the TRANSIMS capability to its fullest »<sup>931</sup>. En 2001, TRANSIMS Version 1.1 est disponible pour les membres de l'Académie qui seraient prêts à déboursier la modeste somme de 500 dollars pour obtenir une licence du logiciel. On s'adresse également à des universitaires pour renforcer la diffusion du TRANSIMS via l'enseignement. Ainsi au tournant des années 1999 et 2000, Antoine Hobeika du Département du génie civil du « Virginia Tech »<sup>932</sup> signe un contrat avec la « Federal Highway Administration » pour établir des supports pédagogiques, tels que des

---

<sup>927</sup><http://www.thefreelibrary.com/PricewaterhouseCoopers+To+Help+Los+Alamos+National+Laboratory+Develop...+a067710589> (15 janvier 2013). Il s'agit d'un article dans la presse datant du 8 décembre 2000.

<sup>928</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 13, septembre 2001.

<sup>929</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 10, décembre 1999.

<sup>930</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter* : n° 11, décembre 2000 ; n° 12, mars 2001.

<sup>931</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 9, mars 1999.

<sup>932</sup> Hobeika est le titulaire d'un Ph.D. en génie civil délivré par « Purdue University » :

[http://www.cee.vt.edu/people/faculty/TISE/antonio\\_hobeika.html](http://www.cee.vt.edu/people/faculty/TISE/antonio_hobeika.html) (23 janvier 2013).

manuels, pour TRANSIMS, pour participer également à la re-définition du logiciel<sup>933</sup>. Hobeika devient ainsi le premier professeur aux Etats-Unis à offrir un cours post-universitaire sur TRANSIMS<sup>934</sup>. Le même professeur assure, toujours sur le campus du « Virginia Tech », un cours d'initiation au TRANSIMS visant un public extra-universitaire cette fois, et dont la séance inaugurale se déroule en mai 2003<sup>935</sup>. Vu le nombre de licences des premières versions du logiciel – en 2005, trente-et-une copies des versions 1.0 et 1.1 ainsi qu'une copie de la version 3.1 du logiciel sont acquises par le monde académique<sup>936</sup> –, l'université ne semble pas bouder TRANSIMS. Des chercheurs commencent également à réaliser des études sur et/ou avec TRANSIMS. En 2001, Laurence R. Rilett, à l'époque membre du « Texas Transportation Institute », utilisateur de la version 1.1 du TRANSIMS et auteur de travaux sur les modules de « microsimulation » et d'« émission »<sup>937</sup>, peut alors signer un article dans l'organe officiel du « Transportation Research Board » dans lequel, après avoir passé en revue les différences entre la modélisation à quatre étapes et le TRANSIMS, l'auteur lance un appel à la communauté des modélisateurs pour qu'ils se préparent pour une transition imminente des anciennes pratiques de modélisation vers les nouvelles techniques offertes par le produit fabriqué au laboratoire national de « Los Alamos »<sup>938</sup>.

Or, force est de constater que cette transition est très longue à se réaliser, et qu'à vrai dire, elle dure toujours. A l'aube de la seconde décennie du XXIe siècle, il n'y pas aux Etats-Unis de nouvelle agence urbaine de planification des transports ni d'autre acteur dans le domaine de transports qui ait adopté TRANSIMS comme modèle opérationnel. Ce qui ne veut pas dire

---

<sup>933</sup> *The Charles E. Via, Jr. Department of Civil and Environmental Engineering, VirginiaTech*: n° 14, 2000, p. 32; n° 16, 2002, p. 33; n° 25, 2011, p. 31.

<sup>934</sup> Sur ce cours et ses retombées (thèses de master et de doctorat sur et avec TRANSIMS...), voir par exemple, Travel Model Improvement Program, *Performance Report 2003*, p. 11.

<sup>935</sup> *The Charles E. Via, Jr. Department of Civil and Environmental Engineering, VirginiaTech*, n° 18, 2004 p. 29.

<sup>936</sup> C.T. Lawson, « Microsimulation for Urban Transportation Planning : Miracle or Mirage », *op. cit.*, p. 67.

<sup>937</sup> Sur Rilett, voir : <http://www.civil.unl.edu/faculty/Laurence-Rilett> (23 janvier 2013). Sur ses travaux sur et avec TRANSIMS, voir par exemple : L. Rilett, A. Kumar, and S. Doddi, *El Paso TRANSIMS Case Study*, Texas Transportation Institute, Arlington, Texas A&M University System, 2003 ; L.R. Rilett et Kyu-Ok Kim, « Comparison of TRANSIMS and CORSIM Traffic Signal Simulation Modules », *Transportation Research Record*, n° 1748, 2001, p. 18-25 ; Kyu-Ok Kim et L.R. Rilett, « Simplex-Based Calibration of Traffic Microsimulation Models with Intelligent Transportation Systems Data », *Transportation Research Record*, n° 1855, 2003, p. 80-89 ; Josias Zietsman et Laurence R. Rilett, « Analysis of Aggregation Effects in Vehicular Emission Estimation », *Transportation Research Record*, n° 1750, 2001, p. 56-63.

<sup>938</sup> L. R. Rilett, «Transportation Planning and TRANSIMS Microsimulation Model: Preparing for the Transition», *Transportation Research Record*, n° 1777, 2001, p. 84-92.

pour autant que TRANSIMS est au point mort. Il continue à être porté par une communauté non négligeable et bien organisée.

Remontons le temps, et transportons de nouveau à Portland, le second, et le plus ambitieux, site d'expérimentation du TRANSIMS, car il s'agit, on se souvient, de tester la totalité des modules du produit ainsi que son architecture d'ensemble. Nous sommes à la fin des années 1990. Pour les besoins de l'expérimentation, METRO, l'agence de planification des transports de la ville, se dote, grâce à de l'argent fédéral, d'un nouveau système informatique capable de faire exécuter le logiciel du TRANSIMS<sup>939</sup>. Elle peut aussi compter, nous l'avons vu, sur des collaborateurs externes, comme Mark Bradley. Mais au fur et à mesure qu'on avance dans l'expérimentation, les problèmes à surmonter s'accroissent. La calibration du TRANSIMS dans son ensemble s'avère bien plus difficile que celle de ses modules pris isolément, en grande partie à cause des multiples boucles de rétroaction qui unissent ces derniers. Que faire ? Avec sa décision de porter TRANSIMS, à coup de millions de dollars pendant plusieurs années, l'administration fédérale marquait sa volonté de revenir sur la scène de la modélisation des déplacements urbains et d'équilibrer le rapport de forces progressivement établi, à partir des années 1970, en faveur du secteur privé. Et voici qu'elle se trouve dans l'obligation de demander à des professionnels du privé de l'aide pour faire fonctionner son projet. A l'automne 2002, le « TRANSIMS Working Group » (TWG) est établi pour soutenir l'équipe locale de METRO, chargée sous la direction de Keith Lawton, personnage qui compte parmi les modélisateurs des déplacements urbains de l'époque<sup>940</sup>, de mener le travail d'expérimentation. Des universitaires et des opérationnels se trouvent mélangés : Ronald Eash, pendant longtemps responsable du CATS, l'agence de planification des transports pour la région métropolitaine de Chicago, et Thomas Rossi, modélisateur chez « Cambridge Systematics », côtoient Eric Miller, professeur à l'université de Toronto, Laurence Rilett (*supra*) et Joseph L. Schofer de la « Northwestern University »<sup>941</sup>. Mais ce n'est pas tout. La place occupée par le secteur privé dans la conduite de l'expérimentation ne cesse de se

---

<sup>939</sup> *Travel Model Improvement Program Report 2003*, p. 14.

<sup>940</sup> Pour une notice biographique sur Lawton: Committee on Equity Implications of Evolving Transportation Finance Mechanisms, *Equity of Evolving Transportation Finance Mechanisms*, Special Report n° 303, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2011, p. 171.

<sup>941</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 17, août 2003.

renforcer : aux deux membres de « IBM commercialisation team »<sup>942</sup>, s'ajoutent deux autres consultants venant des firmes « Parsons Brinkerhoff » et AECOM respectivement<sup>943</sup>, cette dernière ayant obtenu, en septembre 2002, un contrat de la « Federal Highway Administration » pour travailler sur TRANSIMS, le module « «émission de polluants » en particulier<sup>944</sup>. Suite à son implication dans l'expérimentation sur le site de Portland, AECOM va se transformer en l'un des acteurs le plus importants gravitant autour du TRANSIMS depuis cette date.

Mais malgré la concentration d'une force de frappe importante, les travaux à Portland piétinent avant de connaître un coup d'arrêt au milieu des années 2000. L'équipe de Los Alamos est dissoute en 2005<sup>945</sup> – on considère alors qu'il a accompli sa mission –, et plusieurs membres du groupe initial vont migrer au « Virginia Bioinformatics Institute » du « Virginia Tech », où ils vont continuer à faire de la modélisation, en s'inspirant beaucoup de leur travail sur TRANSIMS, mais dans des domaines autres que les transports, l'épidémiologie et l'économie par exemple<sup>946</sup>. A la même époque, suite à des questions de financement et une surcharge de travail due au développement d'une série de projets de transports collectifs dans la région, l'équipe locale de l'agence de planification des transports de la ville de Portland se détourne du TRANSIMS<sup>947</sup>, même si le projet officiellement n'est pas abandonné. En effet, AECOM – à qui on doit, entre autres, une version 4.0 du logiciel et la réécriture des plusieurs modules du TRANSMIS pour qu'ils puissent être exécutés sur des

---

<sup>942</sup> En octobre 2002, IBM achète « PwC Consulting » et hérite ainsi du projet de commercialisation du TRANSIMS. Sur cette opération, voir par exemple : <http://fcw.com/articles/2002/08/05/ibm-spurs-concern-with-bid-for-pwc.aspx> (15 janvier 2013).

<sup>943</sup> Sur AECOM, un mastodonte du Consulting, créée en 1990, voir, par exemple : AECOM Transportation, *Keeping the world moving*, AECOM, 2012, et surtout son site : [www.aecom.com/](http://www.aecom.com/) (23 janvier 2013).

<sup>944</sup> David B. Roden, « Impact of Regional Simulation on Emission Estimates », *Transportation Research Record*, n° 1941, 2005, p. 81-88 (p. 82).

<sup>945</sup> Rick Donnelly, Greg D. Erhardt, Rolf Moeckel et William A. Davidson (éd.), *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, NCHRP Synthesis 406, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2010, p. 16.

<sup>946</sup> Il s'agit, entre autres, des : Christopher Barrett, Stephen Eubank, Madhav Marathe

(voir : <http://www.vbi.vt.edu/faculty> : 23 janvier 2013), Richard Beckman (<http://www.vbi.vt.edu/faculty>: 23 janvier 2013). Pour un exemple du travail récent de l'ex-équipe de « Los Alamos », voir Christopher L. Barrett, Richard J. Beckman, Maleq Khan, V.S Anil Kumar, Madhav V. Marathe, Paula E. Stretz, Tridib Dutta, Bryan Lewis, « Generation and Analysis of Large Synthetic Social Contact Networks », dans M.D. Rossetti et al. (éd.), *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, IEEE, 2009, p. 1003-1014.

<sup>947</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 25, hiver 2007; R. Donnelly, G. D. Erhardt, et al. (éd.), *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, op. cit., p. 58-59.

systèmes d'opération Linux et Windows<sup>948</sup> –, continue à travailler tout au long des années 2000 sur le projet avec des données de Portland<sup>949</sup>.

« Abandonné » en quelque sorte par Los Alamos et l'équipe locale de Portland, la carrière de TRANSIMS va connaître au milieu des années 2000 un changement important. Jugeant probablement que les perspectives d'une commercialisation réussie sont peu reluisantes dans l'immédiat, la « Federal Highway Administration » décide alors de placer, en mai 2005 d'abord, en juillet 2006 et sous une forme révisée ensuite, le code source de la version 3.1.1 du TRANSIMS<sup>950</sup> sous le « NASA Open Source Agreement Version 1.3 »<sup>951</sup>. En prenant cette décision, qui tranche avec la politique suivie depuis la fin des années 1990, suite à la première expérimentation du modèle à Dallas, l'administration fédérale n'abandonne pas pour autant TRANSIMS. Le projet continue à être soutenu financièrement pour des développements supplémentaires du modèle et du logiciel, mais surtout pour le déploiement de nouvelles études de cas<sup>952</sup>. Mais ce soutien de l'Etat n'est pas seulement d'ordre financier. En même temps que TRANSIMS devient un logiciel libre, toute une infrastructure se met en place pour soutenir son développement et son appropriation par les praticiens et le monde académique. Avec l'aide de « Mitretek Systems », le « U.S. Department of Transportation »<sup>953</sup> ouvre un site web, permettant à la communauté des amis du TRANSIMS

---

<sup>948</sup> AECOM, *Revisiting the Portland GEN2 Modeling Process with TRANSIMS Version 4.0 Software Methods* (Revised TRANSIMS Implementation Plan for Portland), Prepared for Federal Highway Administration, 1er août 2009; R. Donnelly, G. D. Erhardt, et al. (éd.), *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, op. cit., p. 16. Notons que les premières versions du TRANSIMS ont été exécutées sur UNIX (*TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 8, juillet 1998).

<sup>949</sup> Voir, par exemple, les documents suivants : AECOM, *Using Traditional Model Data as Input to TRANSIMS Microsimulation* (Support for the Implementation of TRANSIMS in Portland, Oregon), prepared for Federal Highway Administration, 11 juillet 2006; AECOM, *Revisiting the Portland GEN2 Modeling Process with TRANSIMS Version 4.0 Software Methods*, op. cit.

<sup>950</sup> La version 3.0 datant, quant à elle, du mars 2002. Voir C.L. Barrett, R.J. Beckman et al., *Transportation ANalysis SIMulation System (TRANSIMS)*, Version : TRANSIMS – 3.0, vol. 4 – « Calibrations, Scenarios, and Tutorials », Los Alamos National Laboratory, 1er mars 2002.

<sup>951</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 24, printemps 2006; Dr. Ing Hubert Ley, *TRANSIMS Training Course at TRACC*, Part 13: “The Open Source Concept and TRANSIMS Resources on the Web”, Argonne National Laboratory, Last Updated: April, 21, 2008 ([http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04\\_08/transims\\_-\\_13\\_-\\_resources.pdf](http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04_08/transims_-_13_-_resources.pdf) (23 janvier 2013)).

<sup>952</sup> Plus d'informations sur ce sujet dans : R. Donnelly, G. D. Erhardt, et al. (éd.), *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, op. cit., “Appendix C”.

<sup>953</sup> *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 25, hiver 2007; n° 26, printemps 2007. Sur « Mitretek Systems », une « spin-off » de la fameuse MITRE, formé en 1996, devenu « Noblis » en 2007, voir : <http://www.noblis.org/AboutNoblis/Pages/CompanyHistory.aspx> (13 janvier 2013)

d'avoir accès à une série de ressources : le logiciel, mais aussi des documents variés sur TRANSIMS, des wiki pages et un forum de discussion...<sup>954</sup>

La communauté des usagers du TRANSIMS pourra également s'appuyer sur une autre initiative de l'Administration fédérale, la création d'un cours consacré à TRANSIMS. Le coup d'envoi est donné en automne 2006 avec un cour-pilote d'une semaine, qui s'appuie sur une étude de cas faite à « Blacksburg » par les universitaires du « Virginia Tech » (*supra*)<sup>955</sup>. Depuis cette époque des cours réguliers ainsi que des *workshops* sur TRANSIMS sont organisés par le personnel du « Transportation Research and Analysis Computing Center » (TRACC) qui fait partie d'un autre laboratoire national important, l'« Argonne National Laboratory » (ANL). Créé en 1946, localisé dans la région de Chicago, ANL est géré par l'Université de Chicago pour le compte du « Department of Energy » ; il est aujourd'hui particulièrement connu, entre autres, pour ses ressources en informatique<sup>956</sup>. La collaboration entre le « Travel Model Improvement Program » et Argonne a démarré en 2006, et le personnel d'ANL soutient depuis cette date le développement du TRANSIMS, en apportant ses compétences en techniques computationnelles entre autres<sup>957</sup>. Les 21-23 avril 2008, TRACC tenait son troisième cours sur TRANSIMS dans ses locaux à West Chicago, et trois ans plus tard, les 14-15 avril 2011, le centre fêtait son trentième cours à l'« University Transportation Center » de la « South Carolina State University ». Notons que ces cours sont diffusés sur Internet<sup>958</sup>. Les 8-9 avril 2010, un atelier de travail sur le thème « TRANSIMS Applications and Development » réunissait divers utilisateurs du TRANSIMS dans les locaux du TRACC<sup>959</sup>.

---

<sup>954</sup> Sur le site web et aux ressources dédiées au TRANSIMS aujourd'hui, voir notamment : <http://code.google.com/p/transims/> (10 mars 2013). Des informations concernant avril 2008 se trouvent dans : Dr. Ing Hubert Ley, *TRANSIMS Training course at TRACC*, Part 13 : «The Open Source Concept and TRANSIMS Resources on the Web», Argonne National Laboratory, Last Updated: April, 21, 2008 ([http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04\\_08/transims\\_-\\_13\\_-\\_resources.pdf](http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04_08/transims_-_13_-_resources.pdf) (23 janvier 2013)).

<sup>955</sup> *TMIP Connection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, n° 25, hiver 2007. Rappelons que « Virginia Tech » est devenu, autour de Hobeika, un centre de recherche important pour TRANSIMS.

<sup>956</sup> Jack M. Holl, Richard G. Hewlett et Ruth R. Harris, *Argonne National Laboratory, 1946-96*, University of Illinois Press, 1997. Sur TRACC, on peut visiter son site : <http://web.anl.gov/TRACC/> (24 janvier 2013).

<sup>957</sup> *TMIP Fiscal Year 2006 Annual report*, 31 Octobre 2007, p. 10. Sur l'Argonne et TRANSIMS, voir le récent : Hubert Ley, *Evolution of a Chicago Region TRANSIMS Application*, Argonne National Laboratory, 24 août 2012.

<sup>958</sup> Voir les brochures respectives d'annonce de cours, qui peuvent être consultées sous forme Pdf aux adresses : <http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/Archive/> et [http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04\\_14-15\\_11/index.html](http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04_14-15_11/index.html) (24 janvier 2013). Sur le contenu du cour, voir les documents téléchargeables sur le site <http://code.google.com/p/transims/wiki/TrainingIndex> (24 janvier 2013).

<sup>959</sup> [http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04\\_8-9\\_10/](http://web.anl.gov/TRACC/Training/TMS/04_8-9_10/) (24 janvier 2013).



S'appuyant sur toutes ces ressources, la communauté des amis du TRANSIMS reste bien active, voire se renforce dans le temps. Tout un faisceau d'indices, quantitatifs et qualitatifs, témoignent en effet de la bonne santé de cette communauté. Ainsi « TRANSIMS –L », une liste de discussion sur des questions relatives au TRANSIMS comptait 156 abonnés à la fin de l'année fiscale 2008 ; ils étaient 179 un an plus tard, 206 à la fin de 2011<sup>960</sup>. Après la transformation du TRANSIMS en logiciel libre, le nombre de projets sur ou mobilisant TRANSIMS – des projets allant des questions relatives à la visualisation des résultats à la lutte contre la congestion en passant par la question de l'évacuation d'une région urbaine en cas de catastrophe naturelle – va croissant : à l'automne 2009, on comptait pas loin d'une trentaine de projets<sup>961</sup>, terminés ou en cours d'achèvement, et depuis cette date, d'autres projets se sont ajoutés dans la liste<sup>962</sup>. Qui plus est, cette augmentation du nombre de projets s'accompagne d'un élargissement du cercle des acteurs qui montrent un intérêt pour TRANSIMS (les financements, même relativement modestes, entre 100 000 et 400 000 dollars accordés par l'Administration fédérale<sup>963</sup> y sont certainement aussi pour quelque chose). En effet, du côté du monde professionnel de la modélisation des déplacements urbains, les différents projets mobilisant TRANSIMS font figurer parmi les acteurs impliqués, outre AECOM et « Parsons Brinckerhoff » (PB) déjà familiers du modèle en tant que consultants de l'agence de planification des transports de la ville de Portland, d'autres grands bureaux d'études, comme « Cambridge Systematics » et « Resource Systems Group » ainsi que des producteurs de logiciels commercialisés dans le domaine des déplacements urbains, à l'instar de « Citilabs ». Divers membres du monde universitaire, dont des sommités de la modélisation des déplacements urbains aujourd'hui, comme Ram M. Pendyala et Chandra Bhat, expriment aussi leur intérêt pour TRANSIMS, en travaillant souvent en étroite collaboration avec les bureaux d'études précités<sup>964</sup>. Grâce à l'action de sa communauté d'utilisateurs, TRANSIMS avance donc vers sa version 5, en cours de développement<sup>965</sup>

---

<sup>960</sup> *The Travel Model Improvement Program, Fiscal Years 2008-2009 Report*, p. 12; *TMIP Fiscal Years 2010-2011 Report* ([http://www.fhwa.dot.gov/planning/tmip/publications/annual\\_reports/fys10-11/](http://www.fhwa.dot.gov/planning/tmip/publications/annual_reports/fys10-11/), 24 janvier 2013).

<sup>961</sup> Sur cette liste voir : R. Donnelly, G.D. Erhardt, et al. (éd.), *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, *op. cit.*, "Appendix C"; des informations supplémentaires peuvent être glanées dans les différents rapports annuels du « Travel Model Improvement Program ».

<sup>962</sup> Plusieurs rapports relatifs à ces projets peuvent être téléchargés à l'adresse :

<http://code.google.com/p/transims/wiki/CaseStudies> (10 mars 2013).

<sup>963</sup> *The Travel Model Improvement Program, Fiscal Years 2008-2009 Report*, décembre 2010, p. 8.

<sup>964</sup> Voir par exemple, Resource Systems Group, AECOM, Mark Bradley Research&Consulting, John Bowman Research&Consulting, Mohammed Hadi, Ram Pendyala, Chandra Bhat, Travil Waller, *SHRP 2 C10A*:

Face à ces dernières évolutions, le sceptique haussera probablement les épaules et se demandera si les performances du TRANSIMS jusqu'à présent sont à la hauteur de la quarantaine de millions de dollars dépensés pour son développement depuis la conception du projet. L'optimiste insistera sur le fait que des parties du projet, comme l'idée de la « population synthétique », sont déjà adoptées par la communauté des modélisateurs des déplacements urbains comme composantes de modèles opérationnels originaux construits depuis les années 2000<sup>966</sup>. Il avancera également l'idée que pour plusieurs acteurs impliqués, d'une façon ou d'une autre, dans ses péripéties, TRANSIMS a servi et sert d'école sur les bancs de laquelle la communauté des modélisateurs des déplacements urbains a pu explorer et continue à le faire de nouvelles voies en matière de modélisation. C'était déjà l'opinion des auteurs d'un rapport imposant, produit pour le compte du « Transportation Research Board » en 2007, qui « believe that TRANSIMS provides an important bridge from the current practice of static, trip-based modeling to a future practice that better represents personal activity and dynamic traffic flow throughout the day. The groundwork provided by TRANSIMS research and development has materially assisted other model developers in moving toward highly disaggregate tour-based models and in particular has demonstrated the importance of fully representing the temporal dimension for both demand and supply. The committee believes that the federal government should continue TRANSIMS and other initiatives with the aim of developing advanced modeling methods that, once proven effective, can be transferred to practice by the most efficient means »<sup>967</sup>. Quant à l'historien, il attendra aussi longtemps possible la fin de l'histoire.

---

*Partnership to Develop an Integrated, Advanced Travel Demand Model and a Fine-Grained Time-Sensitive network*, Task 1 Report: Project Approach and Industry Synthesis, RSG, novembre 2009.

<sup>965</sup> David Roden, *TRANSIMS Version 5 : Introduction*, AECOM et Argonne National Laboratory, 20 janvier 2011.

<sup>966</sup> Sur les différents générateurs de « populations synthétiques », voir le rapport de synthèse des Kirill Müller et Kay W. Axhausen, *Population synthesis for microsimulation : State of the art*, IVT ETH Zürich, août 2010, et l'article de John L. Bowman, « Population synthesizers », *Traffic Engineering and Control*, vol. 49, n° 9, 2009, p. 342.

<sup>967</sup> Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting, *Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction* (Special Report 288), Washington D.C., Transportation Research Board, 2007, p. 100.

## CHAPITRE 7

### La longue marche de la modélisation basée sur les activités vers les applications : pratiques et acteurs (I)

« Zones don't travel ; people travel ! »<sup>968</sup> : on se souvient peut-être de ce slogan, inventé par les tenants de la modélisation désagrégée dans les années 1970 pour résumer ce qui différenciait, d'après eux, la nouvelle approche de la modélisation en place, accusée, par ses critiques, d'être une technique de calcul sans fondements épistémologiques solides, manquant totalement d'une théorie articulée qui rendrait compte du comportement de la personne qui se déplace (ch. 3). Pour être totalement juste, la modélisation agrégée n'est pas complètement indifférente aux individus. Mais elle a une préférence marquée pour l'individu « moyen » qui représente des grands ensembles, une zone urbaine entière ou de larges groupes à l'intérieur de celle-ci. C'est contre ce réductionnisme que la modélisation désagrégée s'est insurgée pour construire ses techniques de calcul sur l'individu doté de sa « propre » fonction d'utilité, qu'il essaie de maximiser avec ses choix personnels en matière de déplacements. Mais on est toujours le réductionniste de quelqu'un d'autre. Oui, l'individu de la modélisation désagrégée est plus « sophistiqué » que l'individu qui se fond dans ces flux allant d'une zone à l'autre, que le modèle gravitaire calcule, par exemple. Mais visiblement pas assez pour certains.

« This article argues that disaggregate behavioural travel models are not, as their authors claim, 'behaviourally sound and policy relevant'. They merely caricature behaviour and produce predictions in conflict with the available evidence. (...) The article concludes that models of behaviour may have to become more human and less mathematical if they are to give realistic insights into the way in which individuals arrange their activities in time and space»<sup>969</sup>. Ce passage – qui réplique, à l'intérieur du champ de la modélisation des déplacements urbains, l'opposition bien ancienne entre l'« homme économique » de l'économiste et l' « homme en société » du sociologue – est signé par Ian G. Heggie, le directeur du tout récent “Transport Studies Unit”, logé au sein d'« Oxford University » à

---

<sup>968</sup> Daniel McFadden, « Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side – A 30 Years Retrospective », dans David Hensher (éd.), *Travel Behaviour Research: The Leading Edge*, Amsterdam, Pergamon, 2001, p. 17-63 (p. 17).

<sup>969</sup> Ian G. Heggie, « Putting Behaviour into Behavioural Models of Travel Choice », *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 29, n° 6, 1978, p. 541-550 (p. 541).

partir de 1974<sup>970</sup>. Ce n'est pas la première fois que Heggie exprime ses doutes au sujet de la modélisation des déplacements urbains, telle qu'elle était alors pratiquée. Avant de s'en prendre à la modélisation désagrégée, il avait critiqué, avec la même véhémence, une dizaine d'années plus tôt, la modélisation agrégée cette-fois, ce qui lui a valu une polémique avec un éminent représentant de celle-ci, Alan G. Wilson (né en 1939) – le mathématicien d'origine qui s'était intéressé au nucléaire avant de finir spécialiste des études urbaines<sup>971</sup> –, dans les colonnes de la revue « *Operational Research Quarterly* »<sup>972</sup>. Comme dans son article de 1977, Heggie déplorait le fait que « Neither the gravity nor the interactance model (...) gives a logically consistent explanation of traffic behaviour »<sup>973</sup>. Mais Heggie ne se contente pas de peindre ses adversaires sous des couleurs critiques. Avec une équipe de fidèles à Oxford, il va tenter, dès le milieu des années 1970, à mettre en place une modélisation différente, qui restituerait à l'homme qui se déplace toute la complexité qui est la sienne, modélisation connue aujourd'hui sous le nom de « modélisation basée sur les activités » (« Activity-based Modeling »).

Heggie et ses collègues travaillent au sein de la “Transport Studies Unit”, mais le projet démarre pour son auteur sur le sol américain, à « South Berwick » de l'Etat de Maine plus précisément. Là-bas se déroulent en juillet 1973 les travaux de la conférence « Issues in Behavioral Demand Modeling and the Evaluation of Travel Time »<sup>974</sup>, qui va marquer, comme nous l'avons vu, l'inauguration d'une série de conférences internationales qui se poursuivent jusqu'à présent (ch. 3). Heggie faisait alors partie du groupe du travail qui s'était penché sur la structure mathématique des modèles désagrégés, la grande nouveauté de

---

<sup>970</sup> Sur le “Transport Studies Unit” (TSU), voir rapidement: David Banister, “The TSU approach – the first ten years of the Transport Studies Unit, Oxford”, *Transport Reviews*, vol. 4, n° 3, 1984, 299-302. Sur le contexte plus général dans lequel le TSU est établi, voir : Ian G. Heggie, « Transport Studies Research in U.K. Universities », *Transportation*, vol. 6, 1977, p. 19-44.

<sup>971</sup> Une brève notice sur Wilson peut être trouvée dans Richard E. Quandt (éd.), *The Demand for Travel : Theory and Measurement*, Heath Lexington Books, Lexington (Mass.), 1970, p. 299-300. Voir aussi le site de l'auteur : <http://alan.blogweb.casa.ucl.ac.uk/> (10 mars 2013).

<sup>972</sup> L'article qui a déclenché la polémique est : Ian G. Heggie, « Are Gravity and Interactance Models a Valid Technique for Planning Regional Transport Facilities? », *Operational Research Quarterly*, vol. 20, n° 1, 1969, p. 93-110. Sur l'échange entre Heggie et Wilson, voir : A. G. Wilson, “Heggie on Gravity and Interactance Models: A Rejoinder”, *Operational Research Quarterly*, vol. 20, n° 4, 1969, p. 489-492; I. G. Heggie, “Gravity and Interactance Models: A Reply”, in *ibid.*, p. 492-495.

<sup>973</sup> I. G. Heggie, “Are Gravity and Interactance Models a Valid Technique for Planning Regional Transport Facilities? », *op. cit.*, p. 101.

<sup>974</sup> Les actes de la conférence ont été publiés par Peter Stopher et Armin H. Meyburg (éd.), *Behavioral Demand Modeling and Valuation of Travel Time*, Special Report n° 149, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1974. La liste des participants se trouve à la fin de l'ouvrage : p. 233-234. Le nom de Heggie figure p. 233.

l'époque. Tout en parlant "mathématiques", les participants à cet atelier ont été « drawn into a detailed consideration of the metaphysical basis of behavioural models as well as the empirical problem of parameter estimation »<sup>975</sup>. Dans son rapport final, le groupe est catégorique: tout ou presque est à faire, car « we know practically nothing about the way in which people arrive at decisions to make a journey and the way in which they choose to accomplish it »<sup>976</sup>. Mais alors que la plupart des participants à la conférence vont placer leurs espoirs dans la modélisation désagrégée, Heggie et ses collègues à Oxford s'engagent dans une aventure qui ressemble beaucoup à une odyssee. Il n'y a que depuis très récemment que la modélisation basée sur les activités a atteint un statut opérationnel aux Etats-Unis. Et pourtant, quand le projet d'une modélisation alternative démarre en Angleterre au milieu des années 1970, il dispose déjà d'une solide base théorique sur quoi bâtir ses formalismes, fournie par deux universitaires, l'américain F. Stuart Chapin, Jr. et le suédois Torsten Hägerstrand, unanimement reconnus et vénérés, aujourd'hui comme hier, comme les deux pères fondateurs de cette approche de modélisation.

Né en 1916, F. Stuart Chapin, Jr. a obtenu son premier diplôme universitaire à l'« University of Minnesota ». Membre de la promotion « 1940 » du programme d'études d'urbanisme du « Massachusetts Institute of Technology » (MIT) (« City Planning Course »)<sup>977</sup>, Chapin arrive en 1949 au « Department of City and Regional Planning » de l'« University of North Carolina »<sup>978</sup>. C'est au sein de ce Département, qui a comme caractéristique distinctive d'être davantage associé aux sciences sociales qu'aux études d'architecture et du paysage, que Chapin va réaliser une riche carrière d'universitaire jusqu'en 1978, qui va retentir aussi en dehors des seuls cénacles académiques, car Chapin est nommé « National Planning Pioneer » par l'« American Planning Association » en 1993<sup>979</sup>. Au début des années 1960, alors qu'il avait déjà signé un livre influant en 1957<sup>980</sup>, Chapin passe un an au « Center for Advanced

---

<sup>975</sup> P.M. Jones, M.C. Dix, M.I. Clarke et I.G. Heggie, *Understanding Travel Behaviour*, Aldershot, Gower, 1983, p. 245.

<sup>976</sup> *Ibid.*

<sup>977</sup> Lawrence J. Vale, *Changing Cities, 75 Years of Planning Better Futures at MIT*, SA+P Press 2008, p. 5

<sup>978</sup> Sur l'histoire du Département, voir : <http://planning.unc.edu/departement-resources/deptmenthistory> (6 mars 2013), et surtout : *The Center for Urban&Regional Studies. The First 50 years*, 2008 (<http://curs.unc.edu/curs-pdf-downloads/Publications/CURS%20history.pdf>: 20 novembre 2012).

<sup>979</sup> <http://www.planning.org/awards/pioneers.htm> (6 mars 2013).

<sup>980</sup> Stuart F. Chapin Jr., *Urban Land Use Planning*, New York, Harper&Brothers, 1957. Le livre a connu plusieurs éditions (University of Illinois Press, Urbana, 1965 (2e édition) ; (avec Edward J. Kaiser), Urbana, University of Illinois Press, 1979 (3e éd.)).

Studies » de l'« University of Illinois ». C'est pendant son séjour dans ce centre qu'il développe un intérêt pour l'étude du comportement des ménages, leurs choix en matière de transports et de localisation, en particulier<sup>981</sup>. Gagnant de nouveau son université d'origine, Chapin contacte le « Bureau of Public Roads » et sollicite une aide financière pour développer un modèle d'usage de sols, centré sur la question de l'habitat. En 1963 un contrat est signé entre les deux parties et Chapin et son équipe décident de travailler sur la ville de « Greensboro » (Caroline du Nord). En se focalisant sur les processus de décision du ménage à la recherche d'un toit et du constructeur qui tente à satisfaire cette quête, Chapin est conduit à s'intéresser de près aux différentes activités des ménages et aux relations que celles-ci entretiennent avec la question de l'usage de sols et de transports<sup>982</sup>. Il ne va pas tarder à se rendre compte que « Most land uses and transportation routes exist not for *their own sake*, but because they are means for the *accomplishment of some desired activity* » [c'est moi qui souligne]<sup>983</sup>. Avec cette remarque, qui va devenir pour Chapin le point de départ de plusieurs études qui vont le rendre célèbre<sup>984</sup>, l'auteur dote la future « modélisation basée sur les activités » d'un terme clé, celui de l'*activité* justement, et l'un de ses principes de base : on ne se déplace pas en général pour le plaisir procuré par le trajet effectué mais pour accomplir une activité, grâce à laquelle on essaie de satisfaire nos besoins et nos désirs. La leçon pratique tirée du principe sera que, pour prédire les déplacements des personnes de façon efficace, il faudrait, au préalable, modéliser les activités qui leur donnent naissance. On verra que dire, ce n'est pas toujours immédiatement faire<sup>985</sup>. Mais avant de commencer à raconter le long passage de l'énonciation du principe à son effectuation, parlons rapidement de l'autre père fondateur de la modélisation basée sur les activités.

---

<sup>981</sup> *The Center for Urban&Regional Studies. The First 50 years, op. cit.*, p. 2.

<sup>982</sup> Thomas G. Donnelly, F. Stuart Chapin Jr., Shirley F. Weiss, *A Probabilistic Model for Residential Growth*, Institute for Research in Social Science, University of North Carolina at Chapel Hill, in cooperation with U.S. Bureau of Public Roads, Center for Urban and Regional Studies, Chapel Hill, North Carolina, 1964; F. Stuart Chapin, Jr. et Shirley F. Weiss, « A Probabilistic Model for Residential Growth », *Transportation Research*, vol. 2, 1968, p. 375-390.

<sup>983</sup> F. Stuart Chapin Jr., et Henry C. Hightower, « Household Activity Patterns and Land Use », *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 31, n° 3, 1965, p. 222-231 (p. 222).

<sup>984</sup> Ces recherches, commencées au milieu des années 1960, vont déboucher sur l'ouvrage peut-être le plus connu de F. Stuart Chapin, Jr., *Human Activity Patterns in the City: Things People Do in Time and In Space*, New York, John Wiley and Sons, 1974.

<sup>985</sup> Je me réfère ici au titre de la traduction française du livre de John Langhsaw Austin, « How to do Things with Words » (1962), rendu comme *Quand dire c'est faire*, Paris, Seuil, 1970.

Torsten Hägerstrand (1916-2004) est un géographe suédois qui a reçu son doctorat en 1953, première étape d'une longue carrière académique réalisée dans son pays natal, à l'Université de la ville de « Lund », carrière entrecoupée par des fréquents séjours académiques aux Etats-Unis<sup>986</sup>. C'est son article « What About People in Regional Science »<sup>987</sup>, en fait son adresse présidentielle au “Ninth European Congress of the Regional Science Association”, qui lui donne ce statut de co-fondateur. On y lit que “ (...) Regional Science is about people and not just about location » (7). Pour comprendre alors les phénomènes « agrégés », comme la structure de l'habitat ou la localisation des activités économiques par exemple, il faudrait s'intéresser aux unités constituantes de ces agrégats, aux individus, à leurs trajectoires dans l'espace mais aussi dans le temps ainsi qu'aux multiples contraintes qui pèsent sur leur mobilité. Une place peut être à portée de la main – ou « à la portée de pieds », pour être littéral – d'un individu, mais si la personne en question a un budget « temps » extrêmement limité, la proximité physique n'est pas une condition suffisante pour assurer un éventuel déplacement souhaité. Qui plus est, notre individu, aussi puissant qu'il soit, aussi richement doté en qualités et autres biens, il n'en demeure pas moins un être humain sur lequel pèsent de nombreuses contraintes en tous genres. Des contraintes physiques – on ne peut pas être téléporté d'un endroit à l'autre –, des contraintes liées à l'autorité institutionnelle – tel endroit est fermé au public pendant telle période de temps et reste alors inaccessible –, des contraintes liées aux « autres », qui, même s'ils ne représentent nécessairement l'enfer du philosophe, leur action, voire leur seule présence parfois, nous affecte – ainsi notre enfant nous attend pour l'amener à l'école à une heure précise. Deux concepts imagés, celui de « time-space path » et le concept de « prism », captent ces idées, somme toute frappées au coin du bon sens.

En combinant les réflexions de Chapin avec celles de Hägerstrand, les tenants de l'approche basée sur les activités, à commencer par Haggie et ses collègues à Oxford, vont tenter de créer un nouveau « paradigme » – le terme figure explicitement dans les discours de plusieurs adeptes de cette approche et est emprunté au philosophe et historien des sciences Thomas Kuhn – en matière de modélisation des déplacements urbains, située en rupture avec les techniques en place, la modélisation désagrégée y compris, cette dernière partageant, d'après

---

<sup>986</sup> Voir les deux textes : Antoine Bailly, « Hommage au Professeur Torsten Hägerstrand », *Revue d'Economie Regionale et Urbaine*, 2004/5, p. 643-644 ; Richard Morrill, « Hägerstrand and the 'quantitative revolution' : a personal appreciation », *Progress in Human Geography*, vol. 29, 2005, p. 333-336.

<sup>987</sup> Torsten Hägerstrand, « What about People in Regional Science », *Papers of the Regional Science Association*, vol. XXIV, 1970, p. 7-21.

les partisans de l'« Activity-based modeling », avec la modélisation agrégée et en dépit de leurs différences plusieurs traits communs (une vision appauvrie, entre autres, de l'individu et de son comportement en matière de mobilité). Une bonne modélisation réaliste doit alors impérativement incorporer dans sa structure les éléments suivants : 1) le fait que la mobilité des personnes est seconde par rapport au programme des activités qu'ils poursuivent, et qu'elle dérive de ces dernières (des modules du TRANSIMS relèvent donc de cette famille de modélisation : ch. 6) ; 2) les contraintes spatiales et temporelles, qui pèsent sur la mobilité des individus ; 2) les interactions et les négociations qui se développent au sein de groupes d'individus, essentiellement les ménages, qui font que les déplacements des uns sont fortement conditionnés par les déplacements des autres ; 3) la prise en compte du fait que les différents déplacements (« trips »), loin d'être des entités indépendantes les unes des autres – comme les modèles agrégés et désagrégés le supposent –, sont souvent liés entre eux et forment des « chaînes de déplacements » (« tours ») – on va au travail par exemple mais avant d'y arriver on dépose les enfants à l'école etc. –, qui doivent être modélisées comme telles. Mais retournons aux anglais d'Oxford, les premiers à tenter à mettre tout cela, une partie au moins, en musique modélisatrice.

A peine ayant quitté la conférence de « South Berwick », Heggie, rentré à Oxford soumet, en janvier 1974, au « Social Science Research Council », le premier projet de recherche sur le nouveau paradigme<sup>988</sup> et réunit autour de lui une équipe pluridisciplinaire. Spécialiste de l'économie des transports lui-même<sup>989</sup>, Heggie aura comme collaborateurs au projet Peter Jones qui vient de la géographie, Martin Dix, qui est psychologue, et Mike Clark, un physicien aux compétences mathématiques<sup>990</sup>. Quelques années plus tard, l'équipe de Heggie, qui entre temps avait perdu son chef, nommé en octobre 1979 « special adviser » du « Secretary of State for Transport »<sup>991</sup>, organise une conférence internationale sur le thème : « Travel Demand Analysis : Activity-based and Other New Approaches ». Tenue à leur base, à Oxford, en 1981, la manifestation<sup>992</sup> est qualifiée par les spécialistes du champ comme un

---

<sup>988</sup> La proposition de Heggie est reproduite, dans P.M. Jones, M.C. Dix et al., *Understanding Travel Behaviour*, *op. cit.*, p. 245-253.

<sup>989</sup> Ian G. Heggie, *Transport Engineering Economics*, Londres, McGraw Hill, 1972.

<sup>990</sup> P.M. Jones, M.C. Dix, M.I. Clarke et I.G. Heggie, *Understanding Travel Behaviour*, *op. cit.*, p. ix.

<sup>991</sup> Sur le passage de Heggie au ministère et ses tentatives de retourner à Oxford, voir : «No job, no government research contracts», *New Scientist*, 29 janvier 1981, p. 259-261 ; *ibid.*, 5 février 1981, p. 324.

<sup>992</sup> Les actes de la conférence sont publiés dans S. Carpenter et P. M. Jones (éd.), *Recent advances in travel demand analysis*, Aldershot, Gower, 1983.



« milestone in the growth of the field of activity-based travel analysis »<sup>993</sup>. Mais avant même la tenue de cette conférence, les travaux du groupe connaissent déjà un premier écho international, grâce à la participation de ses membres à des forums internationaux et par l'intermédiaire de publications dans des supports largement lus par la communauté des modélisateurs des déplacements urbains, la revue officielle du « Transportation Research Board » (TRB) en premier lieu<sup>994</sup>. C'est à l'occasion de la troisième manifestation organisée en 1977 à Melbourne par le « Committee on Traveler Behavior and Values » du TRB, pourtant fief de la modélisation désagrégée à l'époque (ch. 3), que l'approche basée sur les activités occupe pour la première fois l'espace entier d'un atelier de travail<sup>995</sup>.

A travers ces canaux de diffusion et d'échanges, l'approche basée sur les activités pénètre aussi la communauté des modélisateurs américains, même si pendant les années 1970 et 1980 celle-ci accorde une place de choix à la modélisation désagrégée. Les grands centres de recherche en matière de modélisation, de la côte « Est » à la côte « Ouest » en passant par Chicago et Texas, commencent en effet à s'intéresser à cette nouvelle approche dont leurs collègues à Oxford sont si fêrus.

Au MIT, deux jeunes enseignants et futurs auteurs d'un livre classique sur la modélisation désagrégée, Moshe Ben-Akiva et Steven Lerman (ch. 3), vont « oublier » les critiques adressées à l'égard de la méthode dont ils sont les apôtres et vont diriger deux thèses, complémentaires sur le plan thématique, relevant toutes les deux de l'approche basée sur les activités. Les deux travaux de recherche en question s'appuient sur les données issues de 5700 entretiens réalisés dans le cadre d'une « enquête ménages déplacements » faite en 1970 à « Twin Cities-in Minneapolis-St. Paul » de l'Etat de Minnesota pour les besoins d'une modélisation classique à quatre étapes, ce qui ne va pas sans poser quelques problèmes sur la compatibilité des données. David Damm soutiendra ainsi, sous la direction de Lerman, en février 1979, une « Interdepartmental thesis » intitulée « Towards a Model of Activity

---

<sup>993</sup> Ryuichi Kitamura, «An evaluation of activity-based travel analysis», *Transportation*, vol. 15, 1988, p. 9-34 (p. 9).

<sup>994</sup> Voir par exemple : P. M. Jones, «Methodology for Assessing Transportation Policy Impacts», *Transportation Research Record*, n° 723, 1979, p. 52-58.

<sup>995</sup> Ryuichi Kitamura, «Behavioural Research for Transport Policy», *Transportation Science*, vol. 21, n° 3, 1987, p. 218-222 (p. 219). Les actes de la conférence ont été édités par D. Hensher et P. Stopher (éd.), *Behavioural Travel Modelling*, Londres, Croom-Helm, 1979. L'ouvrage contient une contribution de P.M. Jones, « New approaches to understanding travel behavior: the human activity approach », in *ibid.*, p. 55-80.

Scheduling Behavior »<sup>996</sup>, dans laquelle l’auteur reprend les critiques des Oxfordiens à l’égard des approches classiques – on lit même dans le corps du texte que « Jones (...) and Heggie (...) made several points which greatly influenced the course of this thesis » (p. 30). En février 1979 toujours, un certain Jesse Jacobson soutient à son tour, sous la direction de Ben-Akiva cette fois et avec Lerman dans le rôle du membre du comité du suivi de thèse, sa propre recherche doctorale traitant des « Models on non-Work Activity Duration »<sup>997</sup>. Le travail de Jacobson fait suite à une autre recherche portant sur le « Household’ Choice of non-Work Travel Pattern » qu’un Thomas Adler avait menée quelques années auparavant, au MIT et sous la direction de Ben-Akiva toujours<sup>998</sup>, et dans lequel l’auteur avait essayé de prendre en compte, dans le cadre de l’approche désagrégée, les interdépendances existantes entre les déplacements non liés au travail. En 1980, Ilan Salomon défendait à son tour une thèse effectuée, sous la direction de Manheim et de Ben-Akiva, sur le concept de « Life Style as a Factor in Explaining Travel Behavior »<sup>999</sup>. Au début des années 1980, la nouvelle approche basée sur les activités semble avoir pris pied au MIT.

En 1980, Eric Ivan Pas (1948-1997), né à « Cape Town », soutient sa thèse de doctorat au « Northwestern University », en devenant le premier doctorant de Frank Koppelman, spécialiste de la modélisation désagrégée qu’il a apprise au MIT sous la supervision de Manheim avant de migrer de Boston à Evanston au milieu des années 1970 (ch. 3)<sup>1000</sup>. Même si Pas quitte, l’année même de sa soutenance de thèse, « Northwestern University » pour un poste à « Duke University » – où il œuvra inlassablement pour le développement de la modélisation basée sur les activités jusqu’à sa mort, survenue le 21 novembre 1997 et vécue

---

<sup>996</sup> David Damm, *Toward a Model of Activity Scheduling Behavior*, Ph.D. dissertation, Interdepartmental Doctoral Thesis in Urban Studies and Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, février 1979. Ben-Akiva fait partie du comité de suivi de la thèse (p. 3). Voir aussi : David Damm, “Parameters of Activity Behavior for Use in travel analysis”, *Transportation Research Part A*, vol. 16A, n° 2, 1982, p. 135-148.

<sup>997</sup> Jesse Jacobson, *Models of non-Work Activity Duration*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, février 1979.

<sup>998</sup> Thomas Adler, *Modeling non-Work Travel Patterns*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1976 ; Thomas Adler et Moshe Ben-Akiva, “A Theoretical and Empirical Model of Trip Chaining Behavior”, *Transportation Research Part B*, vol. 13B, 1979, p. 243-257.

<sup>999</sup> Ilan Salomon, *Life Style as a Factor in Explaining Travel Behavior*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, MIT, novembre 1980.

<sup>1000</sup> Eric Ivan Pas, *Toward the Understanding of Urban Travel Behaviour Through the Classification of Daily Urban Travel/Activity Patterns*, Ph.D. dissertation, Northwestern University, 1980 (le comité de thèse comprenait : Joseph L. Schofer, Peter R. Stopher et Alice M. Tybout). Sur la thèse de Pas et l’implication de Koppelman dans la modélisation basée sur les activités, voir : Chandra R. Bhat et Laurie A. Garrow, “Frank Koppelman’s Contributions and Legacy to the Travel Demand Modeling Field”, *Transportation Research Part B*, vol. 42, n° 3, 2008, p. 185-190 (p. 189, pour la thèse de Pas).

par la communauté des modélisateurs comme une grand perte<sup>1001</sup> –, Koppelman va continuer à cultiver, avec plusieurs de ses étudiants, cette nouvelle approche au « Transportation Center » de l'université Illinoise<sup>1002</sup>.

Un autre lieu important de recherches sur les transports, le Texas, avec ses deux grandes filières universitaires – le « Texas Agricultural & Mechanical University System » et l'« University of Texas System » –, va aussi accueillir favorablement la modélisation basée sur les activités. Plus précisément, c'est le « Center for Transportation Research », établissement créé en 1963 au sein de la « University of Texas at Austin », à savoir le produit vedette du « University of Texas System<sup>1003</sup>, qui va cultiver intensément ce type de modélisation, et ce jusqu'à nos jours. C'est le libanais Hani S. Mahmassani (né en 1956)<sup>1004</sup>, ingénieur en génie civil mais bien versé dans des pratiques de la recherche opérationnelle suite à un master de transport à « Purdue University » (1978) et une thèse de doctorat au MIT sous la direction de Yosef Sheffi en 1981<sup>1005</sup>, qui va acclimater la modélisation basée sur les activités au « Center for Transportation Research », où il arrive en printemps 1982. Quand il quitte le Texas, en 2002, pour l'« University of Maryland » d'abord, avant d'atterrir à « Northwestern University » en 2007 pour diriger le fameux « Transportation Center » à partir d'octobre 2008, la modélisation basée sur les activités est bien implantée au Texas, grâce notamment à l'arrivée de deux jeunes chercheurs qui s'étaient colletés avec l'« Activity-based Modeling » durant leur thèses de doctorat. Chandra R. Bhat<sup>1006</sup> est un Ph.D. (1991) de Frank

---

<sup>1001</sup> Un prix « Eric Pas Dissertation Prize Award » est institué en 1998 par l'« International Association for Travel Behaviour Research » (pour les lauréats, voir : <http://iatbr.weebly.com/prize-winners.html> ; et pour la constitution des jurys : <http://iatbr.weebly.com/about-the-prize.html> (26 novembre 2012).

<sup>1002</sup> Pour une vue synthétique, voir C. R. Bhat et L. A. Garrow, « Frank Koppelman's Contributions and Legacy ... », *op. cit.*, p. 185-186.

<sup>1003</sup> Sur ce Centre aujourd'hui, voir Center for Transportation Research, *FY 2009-FY2010 Report* (<http://www.utexas.edu/research/ctr/>).

Sur son histoire : <http://www.utexas.edu/research/ctr/about/index.html#history> (3 janvier 2013).

<sup>1004</sup> Hani Mahmassani est actuellement à « Northwestern University » où il dirige le « Transportation Center » (<http://www.transportation.northwestern.edu/mahmassani/> (3 janvier 2013). Son CV est téléchargeable à l'adresse suivante : [http://www.mccormick.northwestern.edu/docs/public\\_cv/Mahmassani-Hani-CV.pdf](http://www.mccormick.northwestern.edu/docs/public_cv/Mahmassani-Hani-CV.pdf) (3 janvier 2013).

<sup>1005</sup> Hani Sobhi Mahmassani, *Methodological Aspects of a Decision Aid for Transportation Choices under Uncertainty*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, décembre 1981.

<sup>1006</sup> Sur Chandra Bhat, voir son site : <http://www.caee.utexas.edu/prof/bhat/home.html> (3 janvier 2013).

Koppelman à « Northwestern University »<sup>1007</sup>, alors que Kara Maria Kockelman, arrivée à Austin en automne 1998, est un rejeton du système universitaire Californien<sup>1008</sup>.

Cette Californie, qui, grâce à l'« Institute of Transportation Studies » (ITS) – nouvelle appellation du vieux « Institute of Transportation and Traffic Engineering » (ITTE), qui s'est doté avec le temps de plusieurs nouvelles antennes à côté de celles de Berkeley et de Los Angeles (ch. 2) –, sera la véritable terre d'accueil de la modélisation basée sur les activités aux Etats-Unis et probablement son foyer le plus actif jusqu'à aujourd'hui. La cheville ouvrière du mouvement en faveur de cette approche de modélisation des déplacements urbains n'est pas un Californien, même pas un Américain, mais un « émigré » intellectuel qui répond au nom de Ryuichi Kitamura (1949-2009) et dont le parcours offre une démonstration supplémentaire et particulièrement éclatante du caractère transnational de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains oeuvrant sur le sol américain depuis les années 1970<sup>1009</sup>. Kitamura, pour qui on a écrit au moment de sa disparition que « no individual is larger than the field, but some can define and redefine their field »<sup>1010</sup>, est un diplômé de l'Université de Kyoto (1972). Après un master délivré par la même institution nipponne deux ans plus tard<sup>1011</sup>, Kitamura, installé entre temps aux Etats-Unis, obtient son Ph.D. de l'« University of Michigan » en 1978<sup>1012</sup>. Happé par l'esprit du temps, il fait ses premiers pas dans le champ de la modélisation des déplacements urbains à l'intérieur du cadre fixé par la modélisation désagrégée. Ainsi, il introduit dans sa thèse une méthode pour incorporer la question de la « taste hétérogénéité into choice models ». Mais très vite – une publication de

---

<sup>1007</sup> Voir C. R. Bhat et L. A. Garrow, « Frank Koppelman's Contributions and Legacy ... », *op. cit.*, p. 186.

<sup>1008</sup> <http://www.cae.utexas.edu/prof/kockelman/> (3 janvier 2013). Le site contient un CV de l'auteure. Kara Kockelman a soutenu sa thèse en 1998 : Kara Maria Kockelman, *A Utility-Theory-Consistent System-of-Demand-Equations Approach to Household Travel Choice*, Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, automne 1998.

<sup>1009</sup> Sur la transnationalisation d'une autre communauté académique, celle des physiciens américains, voir : Zuoyue Wang, « Transnational Science during Cold War : The Case of Chinese/American Scientists », *Isis*, vol. 101, n° 2, 2010, p. 367-377.

<sup>1010</sup> John Polak, « A Tribute to Ryuichi Kitamura : an IATRB Perspective », *Transportation*, vol. 36, 2009, p. 649-650 (p. 650).

<sup>1011</sup> Satoshi Fujii et Toshiyuki Yamamoto, « Tribute to Kitamura Sensei : a Great Teacher », *Transportation*, vol. 36, 2009, p. 647-648 (647).

<sup>1012</sup> R. Kitamura, *Urban Travel Demand Forecasting by Stratified Choice Models*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, 1978. Les résultats de cette recherche sont publiés dans Ryuichi Kitamura, « A Stratification Analysis of Taste Variations in Work-Trip Mode Choice », *Transportation Research Part A*, vol. 15A, n° 6, 1981, p. 473-485.

Kitamura datée de 1981 fait explicitement appel aux concepts de Hägerstrand<sup>1013</sup> –, il va commencer à œuvrer en faveur de la nouvelle approche basée sur les activités. Comme enseignant au « Department of Civil and Environmental Engineering » de l'« University of California at Davis » entre 1978 et 1993, d'abord, comme professeur à son *alma mater*, l'université de Kyoto jusqu'à sa mort survenue en 2009, ensuite. Mais aussi comme « chair » de la « Transportation Research Board Committee on Travel Behavior » de 1989 à 1995, de l'« International Association for Travel Behaviour Research » (IATBR) de 1992 à 1994<sup>1014</sup>, ou comme « Associate Editor » de la revue *Transportation* à partir de 1990. L'intensité de son engagement en faveur de la nouvelle approche transparaît aussi dans le nombre des publications qu'il signe comme seul auteur mais le plus souvent comme membre d'un collectif : plus de 280 documents entre 1975 et 2009, dont la plupart sont consacrés à la modélisation basée sur les activités<sup>1015</sup>.

Sous l'impulsion de Kitamura, qui va former plusieurs universitaires travaillant aujourd'hui dans le domaine de l' « Activity-based Modeling » – citons l'américain Michael G. McNally (Ph.D. en 1986), actuellement professeur à l'« University of California at Irvine »<sup>1016</sup>, le grec Konstadinos Goulias (Ph.D. en 1991), enseignant aujourd'hui à l'« University of California at Santa Barbara »<sup>1017</sup>, ou l'indien Ram M. Pendyala (Ph.D. en 1992), travaillant à « Arizona State University »<sup>1018</sup> –, l'« Institute of Transportation Studies », et plus globalement, l'« University of California », va devenir un lieu où on cultive la modélisation basée sur les activités de façon intensive. Mentor de plusieurs jeunes modélisateurs, nous venons de le voir, Kitamura n'est pas le seul « senior » à prêcher la nouvelle approche sur le sol

---

<sup>1013</sup> R. Kitamura, L.P. Kostyniuk et M.J. Uyeno, « Basic Properties of Urban Time-space Paths: Empirical Tests », *Transportation Research Record*, n° 794, 1981, p. 8-19.

<sup>1014</sup> Sur le « Transportation Research Board Committee on Travel Behavior » et l'« International Association for Travel Behaviour Research », voir chapitre 3.

<sup>1015</sup> Patricia L. Mokhtarian, « What about People in Behavioral Modeling ? Ryuichi Kitamura (1949-2009) », *Journal of Choice Modelling*, vol. 2, n° 1, 2009, 1-7 (p. 1).

<sup>1016</sup> Sur McNally, voir son site <http://www.its.uci.edu/~mcnally/mgm-home.html> (3 janvier 2013), qui contient aussi un CV de l'auteur.

<sup>1017</sup> Konstadinos G. Goulias, *Long Term Forecasting with Dynamic Microsimulation*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, University of California, Davis, septembre 1991. Sur Goulias : [http://www.faculty.uci.edu/profile.cfm?faculty\\_id=2874](http://www.faculty.uci.edu/profile.cfm?faculty_id=2874) (3 janvier 2013), et <http://mysite.verizon.net/res1a68rh/> (3 janvier 2013). Le dernier site contient aussi un CV de l'auteur.

<sup>1018</sup> R.M. Pendyala, *Causal Modeling of Travel Behavior Using Simultaneous Equations Systems. A Critical Examination*, Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of California, Davis, 1992. Sur Pendyala, voir son site : <http://rampendyala.weebly.com/> (3 janvier 2013), qui contient aussi un CV détaillé de l'auteur.

Californien. Parmi ses premiers collaborateurs figure un certain Will Recker, avec qui Kitamura cosigne un papier aussi tôt qu'en 1984<sup>1019</sup>. Recker, titulaire d'une thèse de doctorat délivrée par « Carnegie-Mellon University », avait commencé sa carrière de chercheur dans le domaine de la mécanique appliquée, puis il s'est intéressé à la modélisation des déplacements urbains comme chercheur aux « General Motors Research Laboratories », avant d'atterrir professeur au « Department of Civil Engineering » de l' « University of California » à Irvine et membre de l'antenne locale de l'« Institute of Transportation Studies »<sup>1020</sup>. C'est selon toute vraisemblance, Recker qui va faire venir à Irvine un autre spécialiste de la modélisation basée sur les activités, Thomas F. Golob<sup>1021</sup>, avec qui il avait collaboré quand il travaillait pour General Motors dans les années 1970<sup>1022</sup>. C'est sous la direction conjointe de Kitamura et de Recker que Michael Creyson McNally réalise sa thèse, qu'il termine en 1986<sup>1023</sup>. Le produit de son travail de recherche, soutenu financièrement par le « U.S. Department of Transportation », est le « STARCHILD model » (STARCHILD : Simulation of Travel and Activity Responses to Complex Household Interactive Logistics Decisions), composé de cinq modules<sup>1024</sup>. Même si les auteurs d'un article présentant à la communauté des modélisateurs STARCHILD déclarent que « the proposed theory is, at best, incomplete » et que l'« activity

---

<sup>1019</sup> W.W. Recker et R. Kitamura « Activity Based Travel Analysis » dans G.R.M. Jansen, P. Nijkamp et G.J. Ruijgrok (éd.), *Transportation and Mobility in an Era of Transition*, Amsterdam, North Holland/Elsevier, 1984, p. 157-183.

<sup>1020</sup> Sur Recker, voir : [http://www.faculty.uci.edu/profile.cfm?faculty\\_id=2874](http://www.faculty.uci.edu/profile.cfm?faculty_id=2874) (3 janvier 2013). Une liste de publications de Recker depuis 1969 est disponible à l'adresse : <http://www.its.uci.edu/its/personnel/recker.html> (22 novembre 2012).

<sup>1021</sup> Une liste (partielle) de publications de Golob se trouve à l'adresse :

<http://www.its.uci.edu/its/personnel/golob.htm> (3 janvier 2013).

<sup>1022</sup> Voir par exemple : Wilfred W. Recker et Thomas F. Golob, « An Attitudinal Modal Choice Model », *Transportation Research*, vol. 10, 1976, p. 299-310.

<sup>1023</sup> Michael Creyson McNally, *On the Formation of Household Travel/Activity Patterns : A Simulation Approach*, Ph.D. dissertation, University of California, Irvine, 1986. Les résultats de ce travail ont été publiés sous forme de deux articles : W.W. Recker, M.G. McNally et G.S. Root, « A Model of Complex Travel Behavior : Part I – Theoretical Development », *Transportation Research Part A*, vol. 20A, n° 4, 1986, p. 317-318; W.W. Recker, M.G. McNally et G.S. Root, « A Model of Complex Travel Behavior : Part II – An Operational Model », *Transportation Research Part A*, vol. 201, n° 4, 1986, p. 319-330. STARCHILD fait l'objet d'une présentation courte en français dans Olivier Coutard, *Modèles de la mobilité quotidienne: présentation critique de l'approche basée sur les activités*, Mémoire pour l'obtention du DEA « Transport », Ecole des ponts et chaussées/Université de Paris XII/ Université de Paris I, 1988, p. 61-62.

<sup>1024</sup> « Module 1 – « Analysis of household interaction and the specification of individual activity programs » ; « Module 2 – « A constrained, combinatoric scheduling algorithm for the generation of feasible activity programs » ; « Module 3 – « Reduction to a distinct pattern set » ; « Module 4 – Specification of the choice set formation model » ; « Module 5 – « Activity pattern choice model » (W.W. Recker et al., « A Model of Complex Travel Behavior : Part II – An Operational Model », *op. cit.*).

program generation, incorporating household interaction, is a major shortcoming »<sup>1025</sup>, STARCHILD est considéré aujourd'hui comme la première modélisation basée sur les activités qui peut prétendre à des visées opérationnelles.

Qu'il soit à Cambridge de l'Etat de Massachusetts ou à Evanston à côté de Chicago, dans les contrées texanes ou en Californie, à la fin des années 1980, tous les centres de recherche qui comptent dans le domaine de transports aux Etats-Unis se sont penchés sur cette nouvelle approche de modélisation des déplacements urbains basée sur les activités. La méthode est devenue également un thème de discussion et un objet de travail régulier pour les participants aux conférences internationales organisées par l'« International Association for Travel Behaviour Research » (IATBR), qui réunissent la fine fleur des modélisateurs des déplacements urbains<sup>1026</sup>. Mais alors que les méthodes désagrégées, développées dans les années 1970 sous l'impulsion et avec la contribution décisive des « économistes », dont un prix Nobel (ch. 3), sont déjà des outils opérationnels, l'« Activity-Based modeling » se présente encore, aux yeux même de ses supporteurs, comme un champ au bilan mitigé.

Certes les tenants de cette approche sont conscients, et fiers, de participer bien davantage que les autres écoles de modélisation à une meilleure *compréhension* des pratiques de déplacements des individus du point de vue des sciences humaines. Ainsi, Susan et Perry Hanson peuvent présenter dans un article paru en 1981 dans *Transportation*, journal qui accueille des travaux de modélisation faisant appel à des techniques mathématiques sophistiquées, les résultats de leur enquête à Uppsala qui montre que les femmes mariées travaillant à plein temps ont des pratiques de mobilité qui les différencient de leurs homologues qui travaillent à mi-temps et de celles qui s'occupent exclusivement de leur ménage, alors qu'aucune différence significative n'est observée pour les trois groupes correspondants d'hommes mariés<sup>1027</sup>. Ce n'est pas un hasard si Kitamura invite quelques années plus tard comme « key speaker » à une manifestation, qui réunit pourtant

---

<sup>1025</sup> W.W. Recker et al., « A Model of Complex Travel Behavior : Part II – An Operational Model », *op. cit.*, p. 329.

<sup>1026</sup> Pour une présentation synthétique de ces manifestations jusqu'au milieu des années 1980, et les différents thèmes qui y sont abordés, voir, en premier lieu, le compte rendu fait par Ryuichi Kitamura du livre : « Behavioural Reserach for Transport Policy, VNU Science Press, Utrecht, The Netherlands, 1985, 490 pp. », *Transportation Science*, vol. 21, n° 3, 1987, p. 218-222.

<sup>1027</sup> Susan Hanson et Perry Hanson, «The Impact of Married Women's Employment on Household Travel Patterns: a Swedish Example», *Transportation*, vol.10, 1981, p. 165-183.

essentiellement des modélisateurs, un sociologue professionnel, John Urry<sup>1028</sup>. Le même Kitamura multiplie dans ses écrits des expressions qu'on rencontre plus souvent chez le sociologue que chez le modélisateur, en parlant de « time pressure », de « common affliction of postmodern society »<sup>1029</sup>, alors que Bhat et Koppelman dans un article récent n'hésitent pas à faire référence aux Aristote, Platon, Descartes, Darwin et Freud<sup>1030</sup>, geste du moins rare chez les modélisateurs.

Mais nombreux sont ceux qui trouvent qu'à la fin des années 1980 la nouvelle approche qu'ils appellent pourtant de leurs vœux souffre toujours à la fois d'une profusion non maîtrisée de directions de recherche et, surtout, d'un manque d'efficacité opérationnelle en tant qu'outil de planification des transports<sup>1031</sup>. Mahmassani, pourtant disposé favorablement à l'égard d'une modélisation basée sur les activités, en commentant un texte-bilan de Kitamura propose même une explication de cet état de choses. Trop de subtilité peut nuire à l'efficacité, est l'un des messages que Mahmassani adresse à ses collègues, en illustrant son propos avec des exemples venant de la physique. On n'aurait probablement jamais pu énoncer la loi d'Ohm en électricité, si on était hanté par la trajectoire des électrons ; et un Newton absorbé par les mille détails qui ont donné à sa célèbre pomme sa forme finale aurait sûrement raté une belle occasion de découvrir sa loi de chute des graves. Et à Mahmassani de continuer avec des accents qui rappellent fortement les thèses d'un Thomas Kuhn au sujet de la structuration des communautés scientifiques : le groupe des amis d'une modélisation basée sur les activités a manqué peut-être ce qui a fait la force de leurs « adversaires », les tenants des techniques désagrégées, à savoir une interaction forte autour d'un corpus unique, la théorie de l'utilité, entre deux communautés déjà fortement structurées, les économistes d'un côté, les ingénieurs spécialisés dans les transports de l'autre. Certes, la théorie en question et les modèles

---

<sup>1028</sup> John Urry, « The Sociabilities of Travel », dans Ryuichi Kitamura, Toshio Yoshii et Toshiyuki Yamamoto (éd.), *The Expanding Sphere of Travel Behaviour Research : Selected Papers from the 11th International Conference on Travel Behaviour Research*, Bingley Emerald Group Publishing Limited, 2009, p. 3-14.

<sup>1029</sup> Ryuichi Kitamura et Chandra R. Bhat, « Guest Editorial, Special Issue dedicated to the Memory of Eric Pas », *Transportation*, vol. 26, 1999, p. 113-115 (p. 114).

<sup>1030</sup> Chandra R. Bhat et Frank S. Koppelman, « A Retrospective and Prospective Survey of Time-use Research », *Transportation*, vol. 26, 1999, p. 119-139 (p. 121).

<sup>1031</sup> Voir, par exemple, le numéro special de la revue *Transportation*, vol. 15, n° 1-2, 1988, et en particulier les contributions suivantes : Ryuichi Kitamura, « An evaluation of activity-based travel analysis », in *ibid.*, p. 9-34 ; Hani S. Mahmassani, « Some comments on activity-based approaches to the analysis and prediction of travel behavior », in *ibid.*, p. 35-40, David Hartgen, «Viewpoint», in *ibid.*, p. 47-48; Frank S. Koppelman, «Viewpoint», p. 57-60. On peut ajouter deux textes signés par Eric I. Pas, « Is Travel Demand Analysis and Modelling in the Doldrums », dans P. Jones (éd.), *New Developments in Dynamic and Activity-based Approaches to Travel Analysis*, Avebury, Aldershot, 1990, p. 3-27; Id., «State of the Art and Research Opportunities in Travel Demand: Another Perspective», *Transportation Research Part A*, vol. 19A, n° 5-6, 1985, p. 460-464.



auxquels elle a donné naissance « may have lacked behavioral realism, and the ability to discern subtler socio-demographic changes and tackle complex intrerpersonal intercatons may have suffered ». Mais de l'autre côté, le « result of this interaction has been an easily communicable theory, a powerful methodological apparatus, practical applications, and a capability to use these tools that is not limited to a handful of academic researchers »<sup>1032</sup>.

Une dizaine d'années plus tard, au milieu des années 1990, le ton est bien différent : « After many years of development, the activity-based approach to travel is ready for implementation at a time when the planning and policy analysis issues of the day cannot be suitably addressed by the existing, trip-based, four-step travel demand model »<sup>1033</sup>. C'est Eric Pas qui s'exprime ainsi, et c'est le même Pas qui, quelques lignes plus bas, qualifiera la nouvelle approche comme « the only real scientific revolution or paradigm shift, in Kuhnian (1970) terms, in the history of the development of travel demand forecasting models. The shift from aggregate to disaggregate models that took place starting in the 1970's was a shift in statistical technique rather than a shift in the paradigm and thus can be considered an incremental change in the approach to travel demand modelling » (*ibid.*). Cet optimisme et l'assurance de l'auteur étonnent d'autant plus que Eric Pas, quelques années auparavant, s'interrogeait, non pas sans une certaine gravité, sur l'état de santé de la modélisation des déplacements urbains<sup>1034</sup>.

Jugés à l'aune des évolutions les plus récentes, mais dont les prémices pourraient être déjà captées par les contemporains au moment où Pas signalait les passages que nous venons de reproduire, l'optimisme et l'assurance de l'auteur semblent bien justifiés. Plusieurs évolutions datant du début des années 1990 conjuguent en effet leurs effets pour propulser la modélisation basée sur les activités sur le devant de la scène.

Rappelons tout d'abord, que sous la pression du « Clean Air Act Amendements » (CAAA) de 1990 et de l'« Intremodal Surface Transportation Efficiency Act » (ISTEA) de 1991 (l'Introduction de la section), le « U.S. Department of Transportation » en coopération avec

---

<sup>1032</sup> Hani S. Mahmassani, « Some comments on activity-based approaches to the analysis and prediction of travel behaviour », *op. cit.*, p. 37 pour la citation.

<sup>1033</sup> Eric I. Pas, « Recent Advances in Activity-based Travel Demand Modeling », dans Lynette J. Engelke (« Texas Transportation Institute ») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference*, June 2-5, 1996, Summary, Recommendations and Compendium of Papers, Texas Transportation Institute, Texas A&M University System, Arlington Texas, février 1997, p. 79-102 (p. 80).

<sup>1034</sup> Voir, par exemple Eric I. Pas, « Is Travel Demand Analysis and Modelling in the Doldrums ? », *op. cit.*

l'« Environmental Protection Agency » et le « U.S. Department of Energy » lancent en 1993 le « Travel Model Improvement Program » (TMIP) dont l'un des objectifs est de promouvoir de nouvelles pratiques de modélisation capables de traiter les connexions entre la question des transports, d'un côté, la qualité de l'air, l'énergie, le développement économique, les usages de sol et la qualité de vie, de l'autre. N'oublions pas non plus qu'au tournant des années 1980 et 1990 deux organisations de protection de l'environnement, le « Sierra Club Legal Defence Fund » et les « Citizens for a Better Environment » avaient attaqué en justice fédérale l'Etat de Californie, l'agence de planification de transports de la ville de San Francisco et une série d'autres agences régionales de planification au motif que ces derniers avaient failli à respecter les standards en matière de qualité d'air prévus par les « Clean Air Act Amendements » de 1977. La discussion qui en avait suivi avait mis au grand jour la déficience de la modélisation à quatre étapes à traiter correctement des questions de pollution dues aux transports (Introduction de la section).

Dans ce nouveau contexte juridico-politique, l'approche par les activités n'est plus une affaire purement académique ; elle est investie d'espoirs politiques. Le texte de Pas figure par ailleurs dans les Actes d'une conférence organisée par le « Travel Model Improvement Program » (TMIP) à la Nouvelle Orléans les 2-5 juin 1996 et dont l'objectif était justement de « promote use of activity-based approaches for travel forecasting. Corollary purposes were to identify activity-based forecasting techniques that can be used now and to recommend actions to advance the state-of-the art »<sup>1035</sup>. A en juger par le nombre et la composition des participants, une centaine dont les deux tiers sont des non académiques, travaillant pour des agences de planification des transports et des bureaux d'études<sup>1036</sup>, au milieu des années 1990, l'« Activity-based Modeling » interpelle fortement la communauté des modélisateurs des déplacements urbains.

Mais au delà de ce contexte général, d'autres raisons, de nature plus technique, sont en train d'aider la nouvelle approche à pénétrer le monde de la pratique. A partir des années 1990, plusieurs « Metropolitan Planning Organizations » (MPO), à savoir les agences urbaines de planification des transports aux Etats-Unis, à commencer par celle de Boston en printemps

---

<sup>1035</sup> L.J. Engelke («Texas Transportation Institute») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference, op. cit.*, «Introduction».

<sup>1036</sup> Mes calculs à partir de la liste des participants («list of attendees»), in *ibid.*

1991<sup>1037</sup> – rapidement suivie dans cette voie par les MPO des : « Wasatch Front » (1993), « Southeast Michigan » (1994), « Oregon and Southwest Washington » (1994), Oahu (1995) et « New York Metropolitan Area » (1996)<sup>1038</sup> –, se mettent à modifier les protocoles suivis lors de leurs « enquêtes ménages déplacements ». Pour obtenir des données plus fiables et plus complètes sur les déplacements opérés par les différents membres des ménages, on substitue alors à la question traditionnelle : « quelles ont été vos déplacements » (« where did you go ? »), la question : « quelles activités avez-vous entreprises ? » (« what did you do? »), l'idée de base étant que c'est plus facile pour une personne de se *rappeler* et de *rapporter* ses activités que ses trajets – quitte à préciser ensuite, avec l'aide de l'interviewer éventuellement, les déplacements entrepris dans le cadre de ses activités (voir aussi ch. 5). L'avantage procuré à la modélisation basée sur les activités, qui met justement les activités au centre de sa démarche, et qui nécessite, pour être efficace, des données aussi complètes que possibles sur les pratiques des déplacements de tous les membres du ménage, est évident<sup>1039</sup>. En en restant toujours aux enquêtes, le fait que les méthodes de « préférences déclarées » (ch. 5) avaient atteint, au début des années 1990, une phase de maturité est aussi un facteur qui semble jouer en faveur de la nouvelle approche de modélisation, soucieuse de comprendre en profondeur la façon dont les personnes planifient leurs déplacements en fonction des opportunités offertes et des contraintes imposées par leur environnement<sup>1040</sup>. Le développement de « Systèmes d'Information Géographique » (« Geographical Information Systems » (GIS)), permet de stocker et de gérer de grandes quantités d'information, joue aussi

---

<sup>1037</sup> Voir : Peter Stopher, « Use of an activity-based diary to collect household travel data », *Transportation*, vol. 19, 1992, p. 159-176 (p. 163-164) ; T. Keith Lawton, « Activity and Time Use Data for Activity-based Forecasting », dans L.J. Engelke (« Texas Transportation Institute ») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference, op. cit.*

<sup>1038</sup> Peter R. Stopher et Stephen P. Greaves, « Household travel surveys: Where are we going? », *Transportation Research Part A*, vol. 41, p. 367-381 (p. 370); et surtout: Travel Model Improvement Program (TMIP), *Scan of Recent Travel Surveys*, prepared by Cambridge Systematics for U.S. Department of Transportation and U.S. Environmental Protection Agency, Final Report, juin 1996, pour une présentation détaillée de ces enquêtes.

<sup>1039</sup> Theo Arentze, Harry Timmermans, Frank Hofman et Nelly Kalfs, « Data Needs, Data Collection, and Data Quality Requirements of Activity-based Transport Demand Models », dans *Transport Surveys : Raising the Standard*, Proceedings of an International Conference on Transport Survey Quality and Innovation, May 24-30, 1997, Grainau, Germany), *Transportation Research E. Circular*, n° E-C008, Washington, Transportation Research Board, août 2000, p. II-J/1-p. II-J/35.

<sup>1040</sup> Voir T. Keith Lawton, « Activity and Time Use Data for Activity-based Forecasting », *op. cit.* ; Martin Lee-Gosselin et John Polak, « Summary of Workshop One: Activity and Time Use Data Needs, Resources and Survey Methods », dans L.J. Engelke (« Texas Transportation Institute ») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference, op. cit.*

en faveur de la modélisation des déplacements urbains basée sur les activités<sup>1041</sup>. La nouvelle approche trouve également – et elle ne sera pas le seul champ de modélisation dans les transports, et plus généralement dans les différents domaines des sciences de l'ingénieur, dans cette situation – un allié puissant dans une technique de calcul particulière, qui a certes une certaine histoire derrière elle, mais qui trouve dans les années 1990 un nouveau souffle dans plusieurs domaines, celle des études urbaines inclus: *la simulation* (voir Encadré)<sup>1042</sup>, et, plus particulièrement, une variante de celle-ci : *la microsimulation*, le préfixe « micro » indiquant que le « simulation model is formulated at the disaggregate or micro level of individual decision-making (or other relevant) units such as individual persons, households and vehicles », précise Eric Miller, professeur à Toronto, qui pratique cette technique et expose ses principes, en connexion avec la modélisation basée sur les activités, aux participants de la conférence organisée par le « Travel Model Improvement Program » à la Nouvelle Orléans en juin 1996 (*supra*)<sup>1043</sup>.

L'intérêt dont bénéficie la modélisation basée sur les activités aux Etats-Unis dans le contexte de la première moitié des années 1990, ne va pas sans stimuler la recherche sur cette approche au sein du monde académique. A partir du début des années 1990, plusieurs spécialistes de la modélisation des déplacements dans les grands centres de recherche américains en matière des transports, dont certains se sont longtemps illustrés durant les deux décennies précédentes comme promoteurs efficaces de la modélisation désagrégée, se tournent vers la modélisation basée sur les activités et unissent leurs forces avec celles des promoteurs de longue date de l'« Activity-based Modeling ». Ainsi, lorsqu'en juillet 1992, la « Federal Highway

---

<sup>1041</sup> E. I. Pas, «Recent Advances in Activity-based Travel Demand Modeling», dans L. J. Engelke («Texas Transportation Institute») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference, op. cit.*

<sup>1042</sup> Pour des anciennes études urbaines qui font appel à la simulation voir, par exemple : Donald F. Blumberg, « The City as a System », *Simulation*, vol. 17, octobre 1971, p. 155-167 (le texte contient une bibliographie). Pour le développement de la simulation à l'intérieur du champ de la Recherche opérationnelle, le vieux texte de John Harling, «Simulation Techniques in Operational Research», *Operational Research Quarterly*, vol. 9, n° 1, 1958, p. 9-21, est toujours intéressant. Pour un texte considéré comme fondateur, voir G. Gordon, « A General Purpose Systems Simulator », *IBM Systems Journal*, décembre 1962, p. 18-32. Une vue panoramique sur l'histoire de la simulation est donnée par David Goldsman, Richard E. Nance et James R. Wilson, «A Brief History of Simulation Revisited», dans B. Johanson et al. (éd.), *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, p. 567-574. Pour la simulation aujourd'hui, voir: *Revolutionizing Engineering Science through Simulation*, A Report of the National Science Foundation: Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science, mai 2006.

<sup>1043</sup> Pour une excellente présentation (du point de vue pédagogique) de la microsimulation par l'un de ses praticiens dans le domaine des transports et des études urbaines, voir, Eric J. Miller, « Microsimulation and Activity-based forecasting », dans L.J. Engelke («Texas Transportation Institute») (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference, op. cit.*

Administration » du ministère des Transports, sous l'impulsion toujours de « Clean Air Act Amendements » (CAAA) de 1990 et de l'« Intermodal Surface Transportation Efficiency Act » (ISTEA) de 1991, lance un appel d'offres sollicitant des propositions pour de nouvelles pratiques de modélisation des déplacements urbains, trois des quatre « gagnants » « explicitly recommend that the current 'trip-based' model framework be replaced by an 'activity-based' framework in which the demand for travel is derived from a more basic demand to engage in various activities »<sup>1044</sup>.

#### Encadré : Simulation

“**Simulation** generally refers to an approach to modeling systems which possess the following two key characteristics.

1. The system is a **dynamic** one, whose behavior must be explicitly modeled over time.
2. The system's behavior is **complex**. In addition to the dynamic nature of the system (which generally in itself introduces complexity) this complexity typically has many possible sources, including:
  - (a) complex decision rules for the individual actors within the system;
  - (b) many different types of actors interacting in complex ways;
  - (c) system processes which are path dependent (i.e., the future system state depends both on the current system state and explicitly on how the system evolves from this current state over time);
  - (d) the system is generally an “open” one in which exogenous “forces” operate on the system over time, thereby affecting the internal behavior of the system; and/or
  - (e) significant probabilistic elements (uncertainties) exist in the system, with respect to random variations in exogenous inputs to the system and/or the stochastic nature of endogenous processes at work within the system.
 Note that in speaking of complexity, we are not merely referring to the difficulty in dealing with very large models with large datasets defined over many attributes for hundreds if not thousands of zones. Rather, we are referring to the more fundamental notion of the difficulty in estimating likely future system states given the inherently complex nature of the system's behavioral processes.

Given the system's complexity, closed-form analytical representations of the system are generally not possible, in which case numerical, computer-based algorithms are the only feasible method for generating estimates of future system states. Similarly, given the system's path dependencies and openness to time-varying exogenous factors, system equilibrium generally is not achieved, hence rendering equilibrium-based models inappropriate. In the absence of explicit equilibrium conditions, the future state of the system again generally can only be estimated by explicitly tracing the evolutionary path of the system over time, beginning with current known conditions. Such numerical, computer-based models which trace a system's evolution over time are what we generally refer to as simulation models.

Note that conventional four-stage travel demand models most clearly are **not** simulation models under this definition. Conventional four-stage models are static equilibrium models which predict a path-independent future year end state without concern for either the initial (current) system state or the path traveled by the system from the current to the future year state. Thus in adopting a simulation approach to modeling activity and travel behavior, one is explicitly rejecting the conventional static equilibrium view of urban systems in favor of a dynamic representation of such systems – a very significant decision, both conceptually and practically”.

**Source** : Eric J. Miller, « Microsimulation and Activity-based forecasting », dans Lynette J. Engelke (“Texas Transportation Institute”) (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference, June 2-5, 1996, Summary, Recommendations and Compendium of Papers*, Texas Transportation Institute, Texas A&M University System, Arlington Texas, février 1997.

<sup>1044</sup> Voir le rapport de synthèse établi par Bruce Spear, *New Approaches to Travel Forecasting Models: A Synthesis of Four Research Proposals*, Final Report, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, janvier 1994. Le rapport est republié par son auteur, avec les quatre propositions gagnantes, comme Bruce D. Spear, “New approaches to transportation forecasting models”, *Transportation*, vol. 23, 1996, p. 241-266 (la citation se trouve p. 229-230).

La composition du premier groupe qui propose le développement d'une modélisation basée sur les activités n'étonne pas. On y trouve Ryuichi Kitamura et Eric Pas, qui s'associent avec des praticiens de la modélisation des déplacements urbains, T. Keith Lawton, à l'époque modélisateur en chef au METRO, l'agence urbaine de planification des transports de Portland (Etat d'Oregon), Paul E. Benson du « California Department of Transportation » et Clarisse V. Lula, du bureau d'études RDC, signe que ce type de modélisation parle maintenant aussi aux professionnels<sup>1045</sup>. Kitamura et ses collaborateurs misent sur la microsimulation pour rendre opérationnels les principes qui fondent le modèle qu'ils proposent à développer à des fins opérationnels. Celui-ci, contrairement aux méthodes désagrégées faisant appel à l'« homme économique », lequel, parfaitement informé sur les différentes alternatives, maximise sa fonction d'utilité dans la solitude, envisage le « voyageur » comme un être mû par une « rationalité limitée » – la référence à Herbert A. Simon (1916-2001) et à ses modèles de l'action humaine est explicite – et qui cherche des solutions « satisfaisantes » (et non « optimales ») compte tenu de l'environnement, avec ses ressources et ses contraintes, dans lequel il évolue et qu'il explore à l'aide de règles qui sont le fruit de l'expérience et le produit d'un long apprentissage<sup>1046</sup>.

Les deux autres équipes « gagnantes » sont composées principalement de personnes ayant longuement trempé dans la modélisation désagrégée (ch. 3). Ainsi Peter Stopher, à l'époque professeur à « Louisiana State University at Baton Rouge », fait équipe avec David T. Hartgen, autre pionnier de la modélisation désagrégée dans les années 1970, et Yuanjun Li du « Lane Council of Governments » (Eugene, OR), pour proposer aussi un « paradigm change », « focusing not on travel but on the behaviors, needs, and roles that generate it »<sup>1047</sup>. Comme pour l'équipe de Kitamura, le recours à la simulation pour bâtir un modèle opérationnel en termes d'activités est aussi ici explicitement revendiqué.

---

<sup>1045</sup> Ryuichi Kitamura, Eric I. Pas, Clarisse V. Lula, T. Keith Lawton et Paul E. Benson, « The Sequences Activity Mobility Simulator (SAMS) : an integrated approach to modeling transportation, land use and air quality », *Transportation*, vol. 23, 1996, p. 267-291.

<sup>1046</sup> *Ibid.*, p. 282 notamment, où les auteurs se réfèrent au texte classique de H. A. Simon, « A Behavioral Model of Rational choice », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 69, 1955, p. 99-118. Voir aussi les développements trouvés dans un autre article cité par les auteurs : Tommy Gärling, Mei-Po Kwan, Reginald G. Golledge, « Computational-Process Modelling of Household Activity Scheduling », *Transportation Research Part B*, vol. 28B, n°5, 1994, p. 355-364 (notamment p. 356-357).

<sup>1047</sup> Peter R. Stopher, David T. Hartgen et Yuanjun Li, « SMART: Simulation Model for Activities, Resources et Travel », *Transportation*, vol. 23, p. 1996, p. 293-312 (p. 310).

Ce n'est pas le cas de la troisième équipe, menée par Moshe Ben-Akiva, certes l'un des « papes » de la modélisation désagrégée mais qui avait été impliqué, nous l'avons vu, au tournant des années 1970 et 1980 dans un nombre (réduit) de thèses de doctorat mobilisant des concepts et des approches relevant de l' « Activity-based Modeling » (*supra*). Ben-Akiva peut compter sur l'apport de Dinesh Gopinath du « Mercer Management Consulting », et, surtout, sur les compétences de John L. Bowman, mathématicien de formation (1977), futur (co)auteur des modèles opérationnels construits sur les préceptes du nouveau « paradigme » pour plusieurs villes américaines, à l'époque encore étudiant de Ben-Akiva au MIT<sup>1048</sup>. Les auteurs, au courant des travaux des promoteurs de la nouvelle approche, dont ceux de Kitamura, proposent, en revanche, une démarche plus incrémentale que les deux autres équipes. Ils comptent, en effet, utiliser le capital accumulé depuis le début des années 1970 au sujet des méthodes désagrégées et mobiliser la « 'best practice' of disaggregate travel demand model systems » (p. 241) pour aller *progressivement* vers une modélisation basée sur les activités, en ajoutant en quelque sorte un étage supplémentaire à l'édifice existant. Plus précisément, les auteurs proposent d'aller au delà des « existing tour-based disaggregate model systems » – qui constituaient déjà une amélioration significative de la modélisation « classique » dans la mesure où plusieurs déplacements (« trips »), modélisés jusqu'alors comme des entités entièrement séparées, sont traités ensemble au sein de « chaînes de déplacements » commençant et terminant au même point<sup>1049</sup> – en *liant (intégrant)*, et ce pour la première fois, les divers « chaînes de déplacements » (« tours ») par l'intermédiaire des *schémas d'activités quotidiennes* (« daily activity patterns ») dont elles dérivent.

A partir du milieu des années 1990, la mise en oeuvre opérationnelle de la modélisation basée sur les activités progresse rapidement, surtout si on compare le rythme des évolutions à partir de cette date avec celui qui avait caractérisé la trajectoire de la nouvelle approche pendant la période 1975-1995.

---

<sup>1048</sup> Moshe Ben-Akiva, John L. Bowman, Dinesh Gopinath, “Travel Demand Model System for the Information Era”, *Transportation*, vol. 23, 1996, p. 241-266. En 1996, Bowman est titulaire d'un « Master », réalisé sous la direction de Ben-Akiva, et dont le sujet consiste à construire un modèle basé sur les activités à partir des données de l' « enquête ménages déplacements » de Boston en 1991. Voir: John L. Bowman, *Activity Based Travel Demand Model System with Daily Activity Schedules*, “Master of Science” Thesis in Transportation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1995.

<sup>1049</sup> Pour des références sur des applications des “tour-based models” à travers le monde, voir, entre autres : J.L. Bowman et M.E. Ben-Akiva, « Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules », *Transportation Research Part A*, vol. 35, 2000, p. 1-28 (p. 3 en particulier).

Le projet de Kitamura et de son équipe, sponsorisé par le « Travel Model Improvement Program », trouvera une première application, comme prototype, au milieu des années 1990, dans la région métropolitaine de Washington, D.C. (projet AMOS : « Activity-Mobility Simulator »)<sup>1050</sup>, et une décennie plus tard à Floride, sous le nom de FAMOS, grâce au soutien du « Florida Department of Transportation »<sup>1051</sup>. Kitamura, une fois rentré dans son pays natal, va continuer à cultiver son approche et à développer, en collaboration avec des collègues japonais, les différentes composantes d'AMOS, comme le PCATS (« Prism-Constrained Activity-Travel Simulator ») et le DEBNetS (« Dynamic Event-Based Network Simulator »)<sup>1052</sup>.

Mais c'est la voie préconisée par Ben-Akiva et ses collaborateurs<sup>1053</sup> qui aura le plus d'impact du point de vue pratique aux Etats-Unis dans les années 2000<sup>1054</sup>. Mais, précisons-le immédiatement, dans une forme évoluée par rapport à la formulation initiale du projet, puisque la technique de la microsimulation prônée par Kitamura et son équipe sera finalement utilisée dans les modèles opérationnels qui verront le jour à partir des années 2000, lesquels recourent aussi de façon systématique au principe de la « population synthétique » mise en avant pour la première fois au milieu des années 1990 par l'équipe du TRANSIMS (ch. 6). Mais n'anticipons pas. Keith Lawton, qui faisait partie de l'équipe de Kitamura lors de l'appel d'offres de la « Federal Highway Administration » en 1992 (*supra*), propose finalement le site de la ville de Portland à l'équipe du MIT pour qu'elle expérimente son approche sur des

---

<sup>1050</sup> R. Kitamura, R.M. Pendyala, E.I. Pas, et P. Reddy, « Application of AMOS, an activity-based TCM evaluation tool, to the Washington, D.C., metropolitan area », dans *23rd European Transport Forum : Proceedings of Seminar et Transportation Planning Methods*, Londres, PTRC Education and Research Services, Ltd., 1995, p. 177-190; et surtout RDC Inc., *Activity-Based Modeling System for Travel Demand Forecasting*, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation and U.S. Environmental Protection Agency, 1995.

<sup>1051</sup> Ram M. Pendyala, Ryuichi Kitamura, Akira Kikuchi, Toshiyuki Yamamoto et Satoshi Fujii, « Florida Activity Mobility Simulator: Overview and Preliminary Validation Results », *Transportation Research Record*, n° 1921, 2005, p. 123-130; Ram M. Pendyala, *Phased Implementation of a Multimodal Activity-based Travel Demand Modeling System in Florida*, Final Report, vol. II: « FAMOS Users Guide », Department of Civil and Environmental Engineering, University of South Florida et Florida Department of Transportation, 2004.

<sup>1052</sup> Ryuichi Kitamura, Akira Kikuchi et Satoshi Fujii, « An Overview of PCATS/DEBNetS Micro-simulation System : Its Development, Extension, and Application to Demand Forecasting », dans Ryuichi Kitamura et Masa Kuwahara (éd.), *Simulation Approaches in Transportation Analysis : Recent Advances and Challenges*, New York, Springer, 2005, p. 371-399.

<sup>1053</sup> Bowman et Ben-Akiva dressent les différences entre leur approche et celle de Kitamura dans : John L. Bowman et Moshe Ben-Akiva, « Activity-Based Travel Forecasting », dans Lynette J. Engelke (Texas Transportation Institute) (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference*, op. cit.

<sup>1054</sup> Voir, pour le moment, le témoignage de Konstadinos G. Goulias, *Activity Based Travel Demand Model Feasibility Study*, Final Report submitted to the Southern California Association of Governments, Solvang (CA), 29 juin 2007, p. 43.



données d'une « enquête ménages déplacements » dont l'agence de planification de la ville vient de terminer l'exploitation. Réalisée en 1994/95 selon un nouveau protocole (*supra*), l'enquête offre au modélisateur une pléthore d'informations sur les différentes *activités* entreprises par les ménages en dehors de la maison mais *aussi* (en partie) quand ils restent chez eux<sup>1055</sup>. C'est la thèse de doctorat de Bowman qui va servir de lieu d'élaboration pour le modèle<sup>1056</sup>. Ce dernier ne sera pas seul dans ses efforts. Il sera épaulé par plusieurs professionnels de la modélisation des déplacements urbains, à l'exemple de son collègue à « Cambridge Systematics » Tom Rossi. Quant à Andrew Daly<sup>1057</sup>, parmi les pionniers de la modélisation désagrégée, collaborateur de longue date de « Cambridge Systematics » en Europe, il va spécialement améliorer son logiciel ALOGIT, désigné pour calibrer des modèles désagrégés, pour qu'il puisse être utilisé avec efficacité sur le site de Portland<sup>1058</sup>. Mais c'est Mark Bradley, « partner in research and development » d'après les propres dires de Bowman<sup>1059</sup>, qui va aider le doctorant de Ben-Akiva à transformer ses idées en pratiques opérationnelles. Bradley est un vieux routard de la modélisation. Américain, avec des études en recherche opérationnelle à « Cornell » et titulaire d'un « Master degree » dans le domaine des techniques de simulation des systèmes de « Dartmouth College », Bradley, après avoir travaillé en 1983-85 pour le compte de « Cambridge Systematics », va passer une dizaine d'années (1986-1995) en spécialiste *es* modélisation désagrégée en Europe : il s'installe d'abord à la « Transport Studies Unit » de l'université d'Oxford – l'endroit où Heggie et ses collaborateurs lançaient, au milieu des années 1970, l'idée d'une modélisation basée sur les activités –, ensuite au « Hague Consulting Group », bureau d'études créé, en 1985, par des anciens modélisateurs de l'antenne européenne de « Cambridge Systematics », qui cesse alors ses activités sur le vieux Continent<sup>1060</sup>. Bradley s'installe de nouveau aux Etats-Unis en

---

<sup>1055</sup> Sur l'enquête en question, voir T. Keith Lawton, "Activity and Time Use Data for Activity-based Forecasting", dans L. J. Engelke ("Texas Transportation Institute") (éd.), *Travel Model Improvement Program, Activity-based Travel Forecasting Conference*, *op. cit.*; et surtout Catherine Theresa Lawson, *Household Travel/Activity Decisions*, Ph.D. dissertation, Portland State University, 1998, ch. 5 et *passim*.

<sup>1056</sup> John L. Bowman, *The Day Activity Schedule Approach to Travel Demand Analysis*, Pd.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, mai 1998.

<sup>1057</sup> Sur Andrew Daly, diplômé d' « Oxford University » en mathématiques, voir son site : [http://www.rand.org/about/people/d/daly\\_andrew.html](http://www.rand.org/about/people/d/daly_andrew.html) (7 mars 2013).

<sup>1058</sup> J. L. Bowman, *The Day Activity Schedule Approach to Travel Demand Analysis*, *op. cit.*, p. 6.

<sup>1059</sup> *Ibid.*, p. 5.

<sup>1060</sup> Les informations sur "Hague Consulting Group" (HCG) sont tirées d'un vieux CV d'Andrew Daly. Celui-ci a été directeur de « Cambridge Systematics Europe » et co-fondateur et directeur de HCG (<http://www.its.leeds.ac.uk/staff/staffProfile.php?personId=2565> : 23 décembre 2009). La partie essentielle du HCG est absorbée à son tour, en janvier 2001, par RAND Europe. Sur les modèles développés par le « Hague

1995 comme consultant indépendant en Californie<sup>1061</sup>. Son implication aux côtés de Bowman dans le projet déroulé à Portland va inaugurer une longue collaboration entre les deux hommes qui se poursuit jusqu'à nos jours et fera du tandem « Bowman-Bradley » l'un de plus « gros » producteurs de modèles opérationnels basés sur les activités aux Etats-Unis. Produisant comme sortie finale des tables des déplacements des individus par mode, tout en donnant (prédisant) pour chaque déplacement sa durée et ses coordonnées temporelles (début et fin), le modèle proposé par Bowman ambitionne de remplacer les trois premières étapes de la modélisation à quatre étapes (génération, distribution, choix modal).

L'expérience de modélisation menée par Bowman sur le site de Portland n'aura pas de suite sur place. Nous avons vu que METRO, l'agence de planification des transports de la ville, va s'engager à partir de la fin des années 1990 dans une autre aventure, celle de TRANSIMS (ch. 6). Il n'empêche. Le travail de l'élève de Ben-Akiva sera largement diffusé à travers une publication du « Travel Model Improvement Program »(TMIP)<sup>1062</sup>, et va ouvrir la voie pour la mise en pratique de la modélisation basée sur les activités sur plusieurs villes américaines. Quelque huit ans après l'achèvement de la thèse de Bowman, le nombre de modèles se réclamant de la nouvelle approche et qui seraient déjà opérationnels ou sur le point de le devenir est suffisamment élevé pour que Chandra Bhat de l'« University of Texas at Austin », l'un des académiques les plus actifs dans le développement et la promotion de la modélisation basée sur les activités (*supra*), se sente autorisé à parler, devant un public de 220 personnes venant d'horizons différents, du monde académique à celui des bureaux d'études en passant par les agences urbaines de planification des transports et l'administration fédérale, de « literal revolution in the development, testing, and use of activity-based travel models »<sup>1063</sup>.

---

Consulting Group », voir, entre autres, James Fox, Andrew Daly and Hugh Gunn, *Review of RAND Europe's Transport Demand Model Systems*, Santa Monica (CA), RAND, 2003.

<sup>1061</sup> Sur Bradley, voir : sa brève notice biographique à la fin de l'article Mark Bradley et Peter Vovsha, «A model for joint choice of daily pattern types of household members», *Transportation*, vol. 32, 2005, p. 545-571 (p. 571); Lettre de Mark Bradley à Mr. Roelef van Ark (Chief Executive Officer, « California High Speed Rail Authority »), daté du 22 juin 2010, disponible sur l'Internet :

([www.cahighspeedrail.ca.gov/.../d7358a82-b866-4327-8bc0-261d3827cfca.pdf](http://www.cahighspeedrail.ca.gov/.../d7358a82-b866-4327-8bc0-261d3827cfca.pdf): 6 janvier 2013).

<sup>1062</sup> Travel Model Improvement Program, *A System of Activity-based Models for Portland, Oregon*, prepared by Mark Bradley «Research and Consulting», Portland Metro, John Bowman, MIT Cambridge Systematics, Inc., Washington, D.C., U.S. Department of Transportation and U.S. Environmental Protection Agency, mai 1998.

<sup>1063</sup> Transportation Research Board, *Innovations in Travel Demand Modeling*, Summary of a Conference, May 21-23, 2006, Austin Texas, vol. 1 : «Session Summaries», Conference Proceedings n° 42, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2008, p. 1. La liste des participants se trouve, p. 68-70. Tout ce qui compte en matière de modélisation des déplacements urbains dans le monde académique et professionnel y est présent.

Les chiffres dont on dispose aujourd'hui lui donnent raison<sup>1064</sup>. A peine le travail de Bowman sur Portland terminé que les villes de San Francisco et de New York étaient déjà séduites par la nouvelle approche et se mettent à développer, à l'aide de consultants, à partir de 1999 et 2000 respectivement leur modélisation basée sur les activités, le modèle de San Francisco, opérationnel à partir de l'année 2001, étant aujourd'hui celui qui a connu le plus d'applications pratiques<sup>1065</sup>. En octobre 2001, la « Mid-Ohio Regional Planning Commission » (MORPC), à savoir l'agence de planification des transports pour la région métropolitaine de la ville de Columbus, contacte « PB Consult » (« Parsons Brinckerhoff ») pour développer un nouveau modèle basé sur les activités ; le travail est achevé fin 2004<sup>1066</sup>. Vers 2007, outre San Francisco, New York, et Columbus, une série d'autres régions métropolitaines sont bien engagées, à l'aide de consultants toujours, dans cette nouvelle voie de modélisation, à l'instar des villes d'Atlanta, de Sacramento, de Denver et de la région métropolitaine de la « Bay Area » (Californie) aux Etats-Unis, de la ville de Montréal au Canada<sup>1067</sup>. Quatre ans plus tard, en 2011, une large enquête révèle que pas moins d'une

---

<sup>1064</sup> Pour une première synthèse sur le développement dans le temps des modèles opérationnels basés sur les activités aux Etats-Unis, par l'un des praticiens les plus importants de ce type de modélisation, John L. Bowman, voir : John L. Bowman, "Historical Development of Activity Based Model Theory and Practice", *Traffic Engineering and Control*, vol. 50, n° 2, 2009, pp. 59-62. L'un des documents les plus récents et aussi le plus complet sur les modèles opérationnels basés sur les activités aux Etats-Unis est le (volumineux) rapport fait pour le compte de l'association des agences urbaines de planification des transports américaines par quatre bureaux d'études : Association of Metropolitan Planning Organizations, *Advanced Travel Modeling Study*, Final Report, Prepared by VHB (Vanasse Hangen Brustlin, Inc.), RSG (Resource Systems Group, Inc.), Shapiro Transportation Consulting, LLC, Urban Analytics, juillet 2011.

<sup>1065</sup> Cette dernière information est tirée de : Rick Donnelly, Greg. D. Erhardt, Rolf Moeckel et William A. Davidson, *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, NCHRP Synthesis n° 406, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2010, p. 7. Sur le modèle de San Francisco, voir entre autres : San Francisco County Transportation Authority et Cambridge Systematics, Inc., *San Francisco Travel Demand Forecasting Model Development*, Executive Summary Final Report, 1er octobre 2002; Maren L. Outwater (Cambridge Systematics) et Billy Charlton (San Francisco County Transportation Authority), "The San Francisco Model in Practice: Validation, Testing, and Application", dans Transportation Research Board, *Innovations in Travel Demand Modeling*, Summary of a Conference, May 21-23, 2006, Austin Texas, vol. 2 : "Papers", Conference Proceedings n° 42, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2008, p. 24-29. Sur le cas de New York, voir : New York Metropolitan Transportation Council, *Transportation Models and Data Initiative*, General Final Report, submitted by Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc., in association with PB Consult et al., 30 janvier 2005; Peter Vovsha, Eric Petersen et Robert Donnelly, « Microsimulation in Travel Demand Modeling : Lessons Learned from the New York Best Practice Model », *Transportation Research Record*, n° 1805, 2002, p. 68-77; Peter Vovsha (PB Consult, Inc.) et Kuo-Ann Chiao (New York Metropolitan Transportation Council), "Development of New York Metropolitan Transportation Council Tour-Based Model", dans Transportation Research Board, *Innovations in Travel Demand Modeling*, Summary of a Conference, May 21-23, 2006, Austin Texas, vol. 2 : "Papers", *op. cit.*, p. 21-23.

<sup>1066</sup> Voir Rebekah S. Anderson (MORPC) et Bob Donnelly (PB Consult), "Mid-Ohio region Travel Forecasting Model", *TMIPConnection. The Travel Model Improvement Program Newsletter*, printemps 2005; Peter Vovsha, Eric Petersen et Robert Donnelly, "Explicit Modeling of Joint Travel by Household Members: Statistical Evidence and Applied Approach", *Transportation Research Record*, n° 1831, 2003, p. 1-10.

<sup>1067</sup> William Davidson, Robert Donnelly, Peter Vovsha, Joel Freedman, Steve Ruegg, Jim Hicks, Joe Castiglione et Rosella Picado, « Synthesis of first practices and operational research approaches in activity-based travel

vingtaine de « Metropolitan Planning Organizations » (MPO), dont plus du tiers des plus grandes MPO du pays, à travers le territoire états-unien sont lancées, depuis la fin des années 1990, dans l'aventure de l'« Activity-based Modeling » (sans pour autant avoir toutes développé des modèles opérationnels pour le moment)<sup>1068</sup>. Et il faut noter que cet intérêt pour la nouvelle approche va croissant en dépit de coûts de développement qui peuvent être assez élevés – ainsi pour le projet concernant la ville de Columbus, lequel n'est pas le plus dispendieux, on a dû dépenser au total l'équivalent de 2,5 millions de dollars pour une durée de projet avoisinant les quatre ans<sup>1069</sup> –, des besoins en calcul supérieurs à ceux d'une modélisation plus conventionnelle – ainsi pour l'initiale version du modèle développé pour San Francisco 36 heures étaient-elles nécessaires pour une exécution complète sur ordinateur, et c'est seulement après que l'agence eut recouru à des techniques de calcul parallèle que les temps d'exécution sont aujourd'hui de 12 à 15 heures<sup>1070</sup> –, en dépit enfin d'un certain scepticisme exprimé parfois quant aux avantages, tout compte fait, procurés par la nouvelle approche par rapport aux méthodes de modélisation plus conventionnelles<sup>1071</sup>. Peut-être la modélisation basée sur les activités, représentant éminent de ces « Advanced Travel Analysis Procedures » pour utiliser le terme consacré en anglais pour les techniques de prédiction non conventionnelles<sup>1072</sup>, est-elle en train de devenir une candidate sérieuse, pour les villes importantes d'Amérique du nord du moins, à la succession de la modélisation à quatre étapes.

---

demand modeling », *Transportation Research Part A*, vol. 41, 2007, 464-488 (p. 469-470); Mark Bradley et John L. Bowman, « Design Features of Activity-Based Microsimulation Models for U.S. Metropolitan Planning Organization », dans Transportation Research Board, *Innovations in Travel Demand Modeling*, Summary of a Conference, May 21-23, 2006, Austin Texas, vol. 2 : « Papers », *op. cit.*, p. 11-20 (p. 12-13, en particulier).

<sup>1068</sup> Association of Metropolitan Planning Organizations, *Advanced Travel Modeling Study*, *op. cit.* Le rapport en question comprend des fiches très détaillées sur chaque cas. Pour le « contenu » de ces modèles, voir aussi la récente synthèse proposée par l'un de spécialistes de la question, Peter Vovsha, très impliqué dans plusieurs projets de développement de modèles opérationnels basés sur les activités: Peter Vovsha, Joel Freedman, Vladimir Livshits et Wu Sun, « Design Features of Activity-based Models in Practice : Coordinated Travel-Regional Activity Modeling Platform », *Transportation Research Record*, n° 2011, p. 19-27.

<sup>1069</sup> Association of Metropolitan Planning Organizations, *Advanced Travel Modeling Study*, *op. cit.*, p. 11.

<sup>1070</sup> Maren L. Outwater (Cambridge Systematics) et Billy Charlton (San Francisco County Transportation Authority), « The San Francisco Model in Practice: Validation, Testing, and Application », dans Transportation Research Board, *Innovations in Travel Demand Modeling*, *op. cit.*, p. 29; Association of Metropolitan Planning Organizations, *Advanced Travel Modeling Study*, Final Report, *op. cit.*, p. 30.

<sup>1071</sup> Voir par exemple : Laura B. McWethy et Kara M. Kockelman, *Comparing Microscopic Activity-Based and Traditional Models of Travel Demand: An Austin Area Case Study*, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, Austin, septembre 2007. Les auteur(e)s concluent que « In general, activity-based models are more sensitive to changes in model inputs, supporting the notion that aggregate models ignore important behavioral distinctions across the population. However, they involve more calibration and application effort, in order to ensure that synthetic populations match key criteria and that activity schedules match surveyed behaviors, while being realistic and consistent across household members » (in *ibid.*, « Abstract »).

<sup>1072</sup> Cambridge Systematics, Vanasse Hangen Brustlin, Gallop Corporation, Chandra R. Bhat, Shapiro Transportation Consulting, Martin/Alexiou/Bryson, *Travel Demand Forecasting : Parameters and Techniques*,

Comme dans le cas de la modélisation désagrégée, l'une des nouveautés en matière de modélisation des déplacements urbains pour les années 1970 et 1980, le rôle joué par des grands bureaux d'études dans la mise en pratique et la diffusion sur le terrain de la modélisation basée sur les activités s'avère également déterminant. « Cambridge Systematics », la star incontestée de la modélisation désagrégée, est présente dans le développement et la mise en pratique de la nouvelle approche, mais sa place dans le concert des bureaux qui ont fait des techniques modélisatrices centrées sur les activités l'une de leurs spécialités paraît plus effacée. John Bowman et Mark Bradley, consultants indépendants pendant longtemps, travaillant souvent ensemble, ont participé à la conception et la mise en œuvre de plusieurs modèles opérationnels basés sur les activités, tout en collaborant régulièrement avec des universitaires spécialisés dans la nouvelle approche<sup>1073</sup>. Sur le terrain de la pratique, ils sont concurrencés seulement par Peter Vovsha, titulaire d'un doctorat en recherche opérationnelle de l'Université Technique de Moscou<sup>1074</sup>, et ses collaborateurs, au sein du géant « Parsons Brinckerhoff »<sup>1075</sup>. Un autre bureau d'étude très impliqué actuellement dans l'« Activity-based Modeling » est « Resource Systems Group » (RSG)<sup>1076</sup>, firme au profil très similaire à celui de « Cambridge Systematics ». RSG est fondé en 1986 par des universitaires du « Dartmouth College », dont Thomas J. Adler, son Président actuel, un ancien élève de Ben-Akiva dans les années 1970, sous la direction duquel il avait réalisé sa thèse de doctorat en 1976 (*supra*). La branche « Transports » du bureau est forte d'une trentaine de « seniors », dont plusieurs sont détenteurs de Ph.D. RSG vient de renforcer ses compétences dans le domaine de la modélisation basée sur les activités avec les recrutements de Mark Bradley et de Joe Castiglione (« Master of City Planning », « University of California at Berkeley »), ce dernier venant de « Parsons Brinckerhoff ». John Bowman

---

National Cooperative Highway Research Program Report n° 716, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2012, p. 5.

<sup>1073</sup> Nazneen Ferdous, Lakshmi Vana, John L. Bowman, Ram M. Pendyala, Gregory Giaimo, Chandra R. Bhat, David Schmitt, Mark Bradley et Rebekah Anderson, « Comparison of Four-Step Versus Tour-based Models for Prediction of Travel Behavior Before and After Transportation System Changes », *Transportation Research Record*, n° 2303, 2012, p. 46-60.

<sup>1074</sup> Information tirée de l'article M. Bradley et P. Vovsha, « A model for joint choice of daily activity pattern types... », *op. cit.*, p. 571.

<sup>1075</sup> Pour d'autres noms, voir : William Davidson, Robert Donnelly, Peter Vovsha, Joel Freedman, Steve Ruegg, Jim Hicks, Joe Castiglione et Rosella Picado, « Synthesis of first practices and operational research approaches in activity-based travel demand modeling », *op. cit.* Sur « Parsons Brinckerhoff », voir en premier lieu le site de la firme : <http://www.pbworld.com/> ( 8 mars 2013).

<sup>1076</sup> On trouve beaucoup d'informations sur la firme en visitant son site : <http://www.rsginc.com/> ( 8 mars 2013).

collabore aussi depuis peu avec la firme<sup>1077</sup>, qui cultive aussi des relations étroites avec l'Université, en participant, comme « Parsons Brinckerhoff » par ailleurs, à des projets de recherche avec des universitaires spécialisés dans la modélisation basée sur les activités, à l'instar de Chandra Bhat, Ram Pendyala, ou Konstadinos Goulias<sup>1078</sup>.

Nous venons de le voir, que grâce à l'action d'une série de bureaux d'études, la modélisation des déplacements urbains basée sur les activités est dotée de plusieurs modèles opérationnels, bâtis pour le moment « sur mesure » pour les différentes villes-clients, même si plusieurs d'entre eux partagent souvent la même structure générale.<sup>1079</sup> Mais depuis peu, la nouvelle approche semble attirer aussi des firmes spécialisées dans la production de logiciels commercialisés relatifs à la modélisation des déplacements urbains. Ainsi, « Citilabs », à l'occasion de la sortie de la version 5.1 de son produit phare « CUBE Voyageur » (ch. 4), et avec l'aide de Mark Bradley, « has added an example of an activity-based model implemented entirely using Cube Voyageur to the Cubetown demonstration system »<sup>1080</sup>. Il est probablement très tôt pour se prononcer sur la portée de cette initiative du « Citilabs » pour la diffusion de l'« Activity-based Modeling » auprès des praticiens. Mais qu'une firme avec une telle expérience et une force de frappe aussi importante dans le domaine des logiciels commercialisés que « Citilabs » s'intéresse à la modélisation basée sur les activités est plutôt une bonne nouvelle pour celle-ci.

---

<sup>1077</sup> Information tirée d'un entretien avec l'auteur dans la région de Boston (Newton) en juin 2012.

<sup>1078</sup> Voir par exemple le site de Chandra Bhat : [http://www.cae.utexas.edu/prof/bhat/FULL\\_RESEARCH.htm](http://www.cae.utexas.edu/prof/bhat/FULL_RESEARCH.htm) (8 mars 2013), ainsi que les articles suivants : Gaurav Vyas, Rajesh Paleti, Chandra R. Bhat, Konstadinos G. Goulias, Ram M. Pendyala, Hsi-Hwa Hu, Thomas J. Adler et Aniss Bahreinian, « Joint Vehicle Holdings, by Type and Vintage, and Primary Driver Assignment Model with Application for California », *Transportation Research Record*, n° 2302, 2012, p. 74-83 ; Rajesh Paleti, Naveen Eluru, Chandra R. Bhat, Ram M. Pendyala, Thoms J. Adler, and Konstadinos G. Goulias, « Design of Comprehensive Microsimulator of Household Vehicle Fleet Composition, Utilization, and Evolution », *Transportation Research Record*, n° 2254, 2011, p. 44-57;

<sup>1079</sup> Voir l'article récent : Peter Vovsha, Joel Freedman, Vladimir Livshits et Wu Sun, « Design Features of Activity-based Models in Practice : Coordinated Travel-Regional Activity Modeling Platform », *op. cit.*

<sup>1080</sup> Citilabs, *Discover Activity-based Modeling Using Cube Voyageur*, 2011.

(<http://www.citilabs.com/sites/default/files/files/ActivityBasedModel.pdf> : 8 mars 2013).

## CHAPITRE 8

### Introduire le temps dans l'étape d'affectation : pratiques et acteurs (II)

Au colloque d'Austin (Texas) en mai 2006, consacré aux innovations les plus récentes en matière de modélisation des déplacements urbains, au milieu de plusieurs interventions saluant les percées réalisées dans ce domaine depuis le milieu des années 1990 – pensons à la modélisation basée sur les activités ou au projet, plus controversé il est vrai, du nom de TRANSIMS (ch. 7 et ch. 6) –, James E. Hicks, modélisateur du bureau d'études « PB Consult » (« Parsons Brinckerhoff ») présente une communication au titre ambigu : « Dynamic Traffic Assignment Model Breakdown »<sup>1081</sup>. L'auteur précise, dès les premières lignes de son exposé, qu'on enregistre depuis un certain nombre d'années, au sein de l'Académie mais aussi dans le monde professionnel, un intérêt croissant pour l'affectation dynamique (« Dynamic Traffic Assignment ») – une technique d'affectation qui, contrairement à l'affectation (statique) dont on a parlé jusqu'à présent (ch. 4), rend compte de l'évolution temporelle des flux sur le réseau. L'auteur se veut même optimiste quant à l'avenir de ce type de modélisation, puisqu'il écrit que « many presentations of the successes achieved in DTA implementations and demonstrations of the capabilities of DTA models will likely be forthcoming » (p. 101). Mais en attendant, l'auteur a décidé de présenter et analyser « a less successful DTA model » (p. 101), utilisé dans la région métropolitaine d'Atlanta (Géorgie). L'exemple choisi est particulièrement intéressant. A l'époque de la conférence, le cas d'Atlanta constituait aux Etats-Unis la plus ambitieuse tentative d'utiliser un modèle d'affectation dynamique pour un grand réseau, cette technique d'affectation étant limitée jusqu'alors à des réseaux de taille limitée<sup>1082</sup>.

La communication de Hicks sur Atlanta condense en quelque sorte la situation américaine du « Dynamic Traffic Assignment » (DTA) au milieu des années 2000, les espoirs que la

---

<sup>1081</sup> James E. Hicks, « Dynamic Traffic Assignment Model Breakdown », dans Transportation Research Board, *Innovations in Travel Demand Modeling, Summary of a Conference*, May 21-23, 2006, Austin Texas, Conference Proceedings n° 42, vol. 2 : «Papers», Washington, D.C., Transportation Research Board, 2008, p. 101-108. «Breakdown» peut signifier «panne, échec», mais aussi «décomposition d'une entité en ses éléments constitutifs» en vue d'une meilleure compréhension de celle-ci, par exemple. Et l'auteur procède à une telle décomposition dans sa présentation du cas « Atlanta », qui s'est avérée aussi un cas problématique.

<sup>1082</sup> Rick Donnelly, Greg D. Erhardt, Rolf Moeckel et William A. Davidson (éd.), *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, NCHRP Synthesis n° 406, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2010, p. 17.

communauté des modélisateurs placent dans ce type de modélisation et les incertitudes et difficultés qui entourent la démarche : le lecteur apprend en effet que le modèle reproduit assez bien les mesures, mais que le temps d'exécution sur ordinateur a été très long alors qu'on a dû exécuter le modèle plusieurs fois pour diagnostiquer des erreurs de codage du réseau et du logiciel utilisé<sup>1083</sup>.

C'est à l'histoire de l'affectation dynamique (« Dynamic Traffic Assignment » (DTA)) sur le sol américain que ce chapitre est consacré. Mais présentons rapidement le principe de base de cette approche de modélisation. Le principe de l'affectation n'est pas inconnu du lecteur. Nous avons déjà présenté plusieurs approches développées par les modélisateurs des déplacements urbains depuis la fin des années 1950, aux noms plus ou moins exotiques – affectation « tout ou rien », « à capacité restreinte », « multi-chemin » ou « stochastique », affectation « à l'équilibre » (ch. 4). Or toutes ces techniques, en dépit des différences qui les séparent, peuvent être qualifiées de *statiques*, dans la mesure où elles calculent des flux qui restent *stables* à l'intérieur d'une période donnée : la journée, la période formée par la totalité des heures de pointe, en général, ou des périodes suffisamment longues pour que les conditions d'écoulement du trafic sur le réseau puissent atteindre, plus ou moins, un état de stabilité. Rien d'étonnant à cela. Les modèles d'affectation statique, comme l'ensemble de la modélisation à quatre étapes, ont été initialement conçus pour traiter la question de la planification des transports sur la longue durée. De ce fait, ils s'intéressent, et fonctionnent avec une certaine efficacité par ailleurs<sup>1084</sup>, pour des situations où la « demande » des déplacements et l'« offre » du réseau sont stabilisées dans le temps, en formant un couple en situation d'équilibre.

---

<sup>1083</sup> *Ibid.*, p. 17.

<sup>1084</sup> Sur cette question qui mérite à coup sûr une analyse historique approfondie, voir, pour le moment, les articles suivants: Joel Horowitz et Robert Emslie, « Comparison of Measured and Forecast Traffic Volumes on Urban Interstate Highways », *Transportation Research*, vol. 12, 1978, p. 29-32 ; Technical Council Committee 6F13 (An ITE Informational Report by), « Evaluation of the Accuracy of Past Urban Transportation Forecasts », *ITE Journal*, février 1980, p. 24-34 ; B. Flyvbjerg, M. Holm, S. Buhl, « How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works projects ?, *Journal of the American Planning Association*, vol. 71, 2005, p. 131-146 ; et surtout le (récent et très riche) article signé par Pavithra Parthasarathi et David Levinson, « Post-construction Evaluation of Traffic Forecast Accuracy », *Transport Policy*, vol. 17, 2010, p. 428-443. L'un des résultats de ces études est que l'on fait en général mieux avec la voiture qu'avec les transports collectifs.



Mais du coup, les modèles d'affectation statique sont par définition inaptes à capter les variations, qu'elles soient du trafic ou des caractéristiques du réseau dans le temps<sup>1085</sup>. Ils restent, par construction, silencieux devant la question de l'évolution de la congestion à l'intérieur de la période des heures de pointe par exemple<sup>1086</sup>. Les variations du trafic enregistrées d'un jour à l'autre (« day-to-day ») leur échappent également. Incapables de capter l'évolution des flux sur le réseau, les techniques d'affectation statique épuisent très vite leur potentiel d'utilisation quand il faut prendre en compte la dimension temporelle du phénomène à gérer. Comment évaluer l'efficacité relative des plans de gestion établis pour gérer des événements particuliers, tels qu'une évacuation d'urgence suite à une catastrophe naturelle ou des travaux temporaires de reconstruction d'une partie du réseau ? Quels sont les effets sur la congestion, et, partant, sur la pollution, d'un changement d'horaire de départ, décidé par le voyageur suite à son expérience de la congestion ou « provoqué » par le gestionnaire du système, grâce à l'instauration de péages dont le tarif varie en fonction des plages horaires ? Il est évident que la réponse à ces questions passe par une modélisation dynamique des flux sur le réseau qui serait capable de capter les variations temporelles: en termes techniques, une modélisation permettant de reconstituer les flux du trafic sur les différents arcs du réseau quand ce dernier est chargé par des matrices « origine-destination »<sup>1087</sup> qui ne sont pas fixes – c'est le cas de l'affectation statique – mais qui varient dans le temps (tous les 15 minutes par exemple).

Déjà présente dans les années 1980 au sein de la communauté des modélisateurs, la question de l'affectation dynamique a gagné en intensité à partir des années 1990 avec l'apparition de nouvelles technologies d'information appliquées aux transports, les « Systèmes de Transport

---

<sup>1085</sup> Ce passage mériterait des développements plus amples, car les modèles d'affectation statique ne sont pas totalement insensibles au « temps ». Prenons le cas de l'affectation à l'équilibre. Nous avons vu (ch. 4) que la formation de la congestion intervient dans le fonctionnement de ces modèles, par l'intermédiaire de variables comme le temps de parcours sur les différents arcs du réseau, temps qui est fonction de la charge (le trafic) sur le réseau (et de l'état de congestion). Mais, pour utiliser une métaphore « quantique », on passe d'un état de réseau à l'autre jusqu'à la stabilisation des flux (état d'équilibre) par sauts discontinus réalisés dans un monde sans dimensions temporelles. Ou pour le dire autrement, on suppose que les automobilistes arrivent après des tâtonnements et en expérimentant différents chemins entre l'origine de leur déplacement et leur destination à trouver le chemin le plus avantageux, mais on ne sait rien sur la façon (la dimension temporelle y compris) dont ils parviennent à créer (atteindre) cet état d'équilibre.

<sup>1086</sup> Sur ces limites, vues par la communauté des modélisateurs au milieu des années 1980, voir l'article de bilan de Moshe Ben-Akiva, « Dynamic Network Equilibrium Research », *Transportation Research Part A*, vol. 19A, n°5/6, 1985, p. 429-431.

<sup>1087</sup> Rappelons qu'une « matrice origine-destination » (« matrice O-D ») est un tableau à I lignes (nombre de zones de départ) et J colonnes (nombre de zones de destination) dont les éléments  $T_{ij}$  représentent le nombre des déplacements de la zone i vers la zone j pendant un intervalle de temps bien déterminée (24 heures, 1 heure, 15 minutes etc.).

Intelligents » (« Intelligent Transportation Systems (ITS) »). Alors que la congestion gagnait pratiquement toutes les grandes villes américaines à partir des années 1980 pour se stabiliser dans les années 2000<sup>1088</sup>, et que le recours à de grands travaux d'infrastructure devenait une option de plus en plus difficile à matérialiser pour des raisons techniques (d'espace), économiques et environnementales, on mise de plus en plus, et conjointement avec des stratégies de réduction de la demande<sup>1089</sup>, sur des techniques fondées sur la gestion de l'information<sup>1090</sup>. L'objectif est d'*optimiser* l'usage des infrastructures existantes à travers le développement de systèmes qui diffusent des informations aux usagers des réseaux sur l'état du trafic (« Traveler Information Systems » (ATS)) et grâce à la mise en place de pratiques de gestion dynamique du trafic, comme l'affectation variable des voies, le contrôle d'accès au réseau, l'optimisation du fonctionnement des carrefours à feux ou l'instauration de péages variables, sur la base d'informations sur l'état du réseau (« Advanced Traffic Management Systems » (ATMS)). Or, ces techniques de gestion nécessitent aussi une connaissance, voire une *anticipation*, de la variation des flux dans le temps. Ce n'est que muni d'une cartographie dynamique du réseau, à partir de laquelle il peut calculer une série des variables comme la durée des trajets sur les différentes routes et la longueur des files d'attente ainsi que leur évolution dans la durée, que le gestionnaire du réseau peut évaluer l'efficacité de ses stratégies et de ses mesures de contrôle. Ce n'est pas un hasard si la question de l'affectation

---

<sup>1088</sup> Ainsi pour les 85 plus grandes régions métropolitaines, les conditions de circulation empiraient chaque année depuis 1982, avant de se stabiliser vers 2000. Comme résultat, dans les 75 régions urbaines les plus importantes le navetteur a passé, en moyenne, 51 heures pris dans des embouteillages en 2001 contre 17 heures en 1982. Voir : Cambridge Systematics (avec Texas Transportation Institute), *Traffic Congestion and Reliability : Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation*, Final Report Prepared for Federal Highway Administration, Cambridge, Cambridge Systematics, 1er septembre 2005, p. 3-1; Cambridge Systematics (avec Texas Transportation Institute), *Traffic Congestion and Reliability : Linking Solutions to Problems*, Final Report Prepared for Federal Highway Administration, Cambridge, Cambridge Systematics, 19 juillet 2004, p. 3-2. La meilleure source d'information sur la question de la mobilité des américains est *l'Urban Mobility Report*, publié annuellement par le « Texas Transportation Institute » (le dernier volume a paru en septembre 2011).

<sup>1089</sup> On encourage alors l'usage des transports en commun ou le covoiturage (Frank S. Koppelman, Chandra R. Bhat et Joseph L. Schofer, « Market Research Evaluation of Actions to Reduce Suburban Traffic Congestion : Commuter Travel Behavior and Response to Demand Reduction Actions », *Transportation Research Part A*, vol. 27A, n° 5, 1993, p. 383-393).

<sup>1090</sup> Cet intérêt croissant pour des techniques avancées de gestion du trafic basées sur l'information s'est traduit par la création de « Mobility 2000 » à la fin des années 1980, devenu l'« Intelligent Transportation System (ITS) America » en 1991, regroupant « private corporations, public agencies, and academic institutions involved in the research, development and design of Intelligent Transportation Systems Technologies ». Voir : <http://www.itsa.org/> (29 janvier 2013). Le premier nom de « ITS America » était « Intelligent Vehicle Highway System (IVHS) America ». Pour mesurer le chemin parcouru entre 1990 et aujourd'hui dans ce domaine, on peut consulter les deux rapports suivants: Ty A. Lasky et Bahram Ravani, *A Review of Research Related to Automated Highway Systems (AHS)*, Research Report, University of California at Davis, 25 octobre 1993 ; Michael T. Darter, Kin S. Yen, Bahram Ravani et Ty A. Lasky (principal investigator), *Literature Review of National Developments in ATMS and Open-Source Software*, Interim Report, University of California at Davis, 8 décembre 2006.

dynamique sort du monde académique pour devenir l'objet de financements publics massifs à partir du début des années 1990<sup>1091</sup>.

Différentes générations de modélisateurs des déplacements urbains placent les origines de l'affectation dynamique au début des années 1970 et l'associent à trois noms : Samuel Yagar, Deepak K. Merchant et George L. Nemhauser<sup>1092</sup>.

Canadien d'origine, Samuel Yagar se trouve à la fin des années 1960 à l'« University of California-Berkeley », comme membre de l'antenne locale de l'« Institute of Transportation and Traffic Engineering », bien connue maintenant du lecteur de ce travail. C'est dans le cadre de sa thèse, dans laquelle l'auteur modélise les flux de trafic sur un corridor d'autoroutes, que Yagar aborde la question de l'affectation dynamique<sup>1093</sup>. C'est à l'occasion de sa recherche doctorale également, mais à « Cornell University » cette fois, que Deepak Merchant a quant à lui développé sa solution au problème de l'affectation dynamique pour le cas d'un réseau ayant une seule destination<sup>1094</sup>. Né le 25 novembre 1947 à Bombay, Merchant entame en 1969 ses études américaines comme boursier de « Cornell University » dans le champ de la recherche opérationnelle. Il soutiendra sa thèse en août 1974 sous la

---

<sup>1091</sup> Sur les rapports entre la question de l'affectation dynamique et l'apparition des Systèmes de Transport Intelligents, voir l'avis de nombreux modélisateurs impliqués dans la création de modèles d'affectation dynamique: Stéphane Lafortune, Raja Sengupta, David E. Kaufman et Robert L. Smith, « Dynamic System-Optimal Traffic Assignment Using a State Space Model », *Transportation Research Part B*, vol. 27B, n° 6, 1993, p. 451-472 (p. 451) ; Bin Ran, Nagui M. Rouphail, Andrej Tarko et David Boyce, « Toward a Class of Link Travel Time Functions for Dynamic Assignment Models of Signalized Networks », *Transportation Research Part B*, vol. 31, n° 4, 1997, p. 277-290 (p. 277, en particulier) ; Srinivas Peeta et Hani S. Mahmassani, « System Control and User Equilibrium Time-Dependant Traffic Assignment in Congested Networks », *Annals of Operations Research*, vol. 60, 1995, p. 81-113 (p. 81); Srinivas Peeta et Athanasios K. Ziliaskopoulos, « Foundations of Dynamic Traffic Assignment : The Past, the Present and the Future », *Networks and Spatial Economics*, vol. 1, 2001, p. 233-65 (p. 233).

<sup>1092</sup> Voir, par exemple : Denos Gazis, *Traffic Theory*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2002, p. 225-226; E. Codina et J. Barcelò, « Dynamic Traffic Assignment: Considerations on Some Deterministic Modelling Approaches », *Annals of Operations Research*, vol. 60, n° 1, 1995, p. 1-58; Malachy Carey, « Dynamic Traffic Assignment with More Flexible Modelling within Links », *Networks and Spatial Economics*, vol. 1, 2001, p. 349-375.

<sup>1093</sup> Samuel Yagar, *Analysis of the Peak Period in a Freeway-Arterial Corridor*, Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley, juin 1970. Voir aussi Samuel Yagar, « Dynamic Traffic Assignment by Individual Path Minimization and Queuing », *Transportation Research*, vol. 5, 1971, p. 179-196. On lit dans la thèse de Yagar : « Provision is also made for the time-varying demand on the system by the use of time slices with homogeneous demand (...) » (in *ibid.*, p. iii); « Since the demand may vary with time it is broken up into short time slices having different rates of demand. The demand rate is assumed to remain constant over a time slice which is of the order of 15 min. » (in *ibid.*, p. 180).

<sup>1094</sup> Deepak K. Merchant, *A Study of Dynamic Traffic Assignment and Control*, Ph.D. dissertation, Cornell University, août 1974. Quand je ne donne pas de références, les informations sur Merchant sont tirées de sa thèse (« Biographical Sketch », in *ibid.*, p. ii).

direction de George L. Nemhauser, spécialiste réputé du champ<sup>1095</sup>. Après une brève carrière d'enseignant-chercheur<sup>1096</sup>, le jeune indien est victime d'un accident mortel de téléphérique, le 15 avril 1978<sup>1097</sup>. Mais ses travaux pionniers vont atteindre la communauté des modélisateurs grâce à sa participation, aux côtés de Yagar d'ailleurs, au grand colloque organisé par Michael Florian à Montréal en 1974 sur la question de l'affectation à l'équilibre<sup>1098</sup>, et surtout par l'intermédiaire de deux articles, signés conjointement par Merchant et Nemhauser, parus à titre posthume dans la revue *Transportation Science* en 1978<sup>1099</sup>.

Ces tentatives pionnières, à laquelle on peut ajouter l'article d'un autre spécialiste de la recherche opérationnelle que nous avons déjà rencontré, Pierre Robillard<sup>1100</sup>, interviennent à un moment où on enregistre des progrès substantiels dans la modélisation de l'affectation statique. Vu la proximité, malgré leurs différences, des questions d'affectation statique et d'affectation dynamique<sup>1101</sup>, les quelques chercheurs qui vont emboîter le pas aux pionniers mentionnés ci-dessus vont essayer dans un premier temps d'étendre l'usage des deux principes de Wardrop dans un contexte où la « matrice origine-destination », à savoir les flux des déplacements pour les différents couples « origine-destination », varie avec le temps<sup>1102</sup>.

---

<sup>1095</sup> Une brève notice biographique de Nemhauser se trouve à l'adresse suivante : <http://www.informs.org/About-INFORMS/History-and-Traditions/Miser-Harris-Presidential-Portrait-Gallery/George-L.-Nemhauser> (29 janvier 2013).

<sup>1096</sup> D'abord comme « Assistant Professor » d'« Operations Research and Quantative Methods » au « Graduate School of Management » de l'« University of Rochester » et de chercheur à « Stanford Research Institute » (Californie).

<sup>1097</sup> Deepak K. Merchant et George L. Nemhauser, « A Model and an Algorithm for the Dynamic Traffic Assignment Problems », *Transportation Science*, vol. 12, n° 3, 1978, p. 183-199 (Received February 1975, revised June 1978), p. 198.

<sup>1098</sup> Deepak K. Merchant et George L. Nemhauser, «A Model and an Algorithm for the Dynamic Traffic Assignment Problem», dans M. A. Florian (éd.), *Traffic Equilibrium Methods* (Proceedings of the International Symposium held at the Université de Montréal, November 21-23), 1974, New York, Springer-Verlag, 1976, p. 265-73. La contribution de Sam Yagar, «Emulation of Dynamic Equilibrium in Traffic Networks», se trouve in *ibid.* p. 240-64.

<sup>1099</sup> Deepak K. Merchant et George L. Nemhauser, « A Model and an Algorithm for the Dynamic Traffic Assignment Problems », *op. cit.*; Deepak K. Merchant et George L. Nemhauser, «Optimality Conditions for a Dynamic Traffic Assignment Model», *Transportation Science*, vol. 12, n°3, 1978, p. 200-207 (Received July 1975, revised April, 1978).

<sup>1100</sup> Pierre Robillard, « Multipath Traffic Assignment with Dynamic Input Flows », *Transportation Research*, vol. 8, 1974, p. 567-573.

<sup>1101</sup> Après tout, il s'agit dans les deux cas de la question d'affecter des flux sur les arcs d'un réseau, en chargeant celui-ci d'une matrice « origine-destination », invariable dans le temps dans le cas de l'affectation statique, variable dans le temps en ce qui concerne l'affectation dynamique.

<sup>1102</sup> Ainsi Malachy Carey prolonge les travaux de Merchant-Nemhauser (menés selon la perspective du second principe de Wardrop, celui du « System Optimal Equilibrium ») dans M. Carey, « Optimal Time Varying Flows

Des techniques mathématiques, établies d'abord dans le cadre de l'affectation statique, telles que la méthode dite d'« inéquations variationnelles » (« variational inequalities ») introduite par Stella Dafermos<sup>1103</sup>, sont alors importées dans le champ de l'affectation dynamique<sup>1104</sup>. Alors que les premières tentatives portaient sur des réseaux extrêmement simplifiés – rappelons que Merchant avait travaillé sur un réseau comportant une seule destination –, des tentatives de modéliser des réseaux certes toujours idéalisés mais un peu plus complexes, comportant plusieurs origines et destinations par exemple, voient petit-à-petit le jour. Au tout début des années 1990, Bruce Janson<sup>1105</sup>, déjà spécialiste de l'affectation statique, membre du cercle étroit des chercheurs essayant d'étendre le premier principe de Wardrop (« User Equilibrium ») dans un cadre dynamique<sup>1106</sup>, propose un algorithme de son cru qu'il teste sur deux réseaux réels cette fois, celui de « Sioux Falls » – le même réseau que Larry LeBlanc avait utilisé pour mettre à l'épreuve sa solution au problème de l'affectation statique dans le cadre de sa thèse soutenue en 1973 (ch. 4) – et une partie du réseau de la ville de Pittsburgh, bien plus grand que le précédent (807 arcs, 372 nœuds et 30 zones), mais toujours très réduit par rapports aux réseaux auxquels on applique l'affectation statique<sup>1107</sup>.

En même temps que certains explorent les voies ouvertes par Merchant et Yagar, un petit nombre d'autres auteurs proposent une famille différente de modèles d'affectation dynamique, moins centrés sur les aspects mathématiques et computationnels du problème – à

---

on Congested Networks », *Operations Research*, vol. 35, n° 1, 1987, p. 58-69. Bruce Janson sera parmi les premiers à œuvrer pour une extension dynamique du premier principe de Wardrop (« User Equilibrium ») : voir B.N. Janson, « Dynamic Traffic Assignment for Urban Road Networks », *Transportation Research Part B*, vol. 25B, n° 2/3, 1991, p. 143-161.

<sup>1103</sup> Stella Dafermos, « Traffic Equilibrium and Variational Inequalities », *Transportation Science*, vol. 14, 1980, p. 42-54.

<sup>1104</sup> Deux bons articles de synthèse pour la période 1975-1990 sont : Byung-Wook Wie, Terry L. Friesz et Roger L. Tobin, « Dynamic User Optimal Traffic Assignment on Congested Multidestination Networks », *Transportation Research Part B*, vol. 24B, n° 6, 1990, p. 431-42 ; E. Codina et J. Barceló, « Dynamic Traffic Assignment : Considerations on Some Deterministic Modelling Approaches », *op. cit.*

<sup>1105</sup> Actuellement professeur au département du génie civil à l'« University of Colorado ». Un CV de l'auteur est disponible à l'adresse : [http://www.ucdenver.edu/academics/colleges/Engineering/Programs/Civil-Engineering/facultyandstaff/Documents/Bruce\\_Janson\\_CV.pdf](http://www.ucdenver.edu/academics/colleges/Engineering/Programs/Civil-Engineering/facultyandstaff/Documents/Bruce_Janson_CV.pdf) (13 mars 2013).

<sup>1106</sup> Voici une formulation contemporaine de cette extension : « Under equilibrium conditions in networks where congestion varies over time traffic arranges itself so that at each instant the costs incurred by drivers on those routes that are used are equal and no greater than those on any unused route [c'est moi qui souligne] » (Juan de Dios Ortúzar et Luis G. Willumsen, *Modelling Transport*, West Sussex, John Wiley&Sons, 2011 (4e édition), p. 415). Evidemment, le point important est l'expression : « at each instant ». Dans le cas de l'affectation statique, comme les flux sont stables, le temps n'entre pas dans la formulation du principe de Wardrop.

<sup>1107</sup> B.N. Janson, « Dynamic Traffic Assignment for Urban Road Networks », *op. cit.* Voir aussi de lui : Bruce N. Janson, « Network Design Effects of Dynamic Traffic Assignment », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 121, n° 1, 1995, p. 1-13.

savoir, la transformation des matrices « origine-destination » (données) variant dans le temps en flux sur un réseau doté d'une série de caractéristiques particulières – que sur les *comportements* des automobilistes, qui, par leurs interactions, déterminent la formation et l'évolution de ces flux (les deux aspects sont évidemment fortement liés). Dans cette famille de modèles, le terme premier est le *choix de l'heure de départ*. Il s'agit de travaux essayant de quantifier les effets que peuvent avoir sur la congestion des changements portant sur les horaires de départ. Dans les modèles de cette famille, l'utilisateur du réseau ne choisit pas seulement un *chemin* particulier pour se rendre à son lieu de destination mais aussi l'heure de son départ. La question n'a pas qu'un intérêt théorique. Si on arrive à évaluer les relations nouées entre la formation et l'évolution de la congestion d'une part et les heures de départ des différents utilisateurs du réseau de l'autre, on peut espérer pouvoir lutter contre les embouteillages en modifiant de façon judicieuse les heures de départ par l'intermédiaire de différentes mesures de gestion : en établissant des péages dont le montant varierait en fonction de l'heure, ou en diffusant des informations pertinentes aux conducteurs, par exemple.

Dans les années 1980, ces travaux centrés sur le comportement des automobilistes et leurs mécanismes de décision portent également sur des réseaux idéalisés. Mais ces réalités fictives seront en même temps des écoles d'apprentissage pour des individus et des équipes de recherche, qui vont finir par produire, à partir du milieu des années 1990, des modélisations opérationnelles. Cette famille de recherches relatives à l'affectation dynamique mobilise en effet divers universitaires au début des années 1980. Certains d'entre eux sont déjà bien installés au sein de la communauté des modélisateurs des déplacements urbains, à l'instar d'un Moshe Ben-Akiva, qui va animer de son centre de recherche au « Massachusetts Institute of Technology » (MIT) différents réseaux de collaborateurs – parmi lesquels figure un certain André de Palma (voir ch. 10). On se rappelle que Ben-Akiva est l'un des promoteurs les plus éminents de la modélisation désagrégée, basée sur la théorie (microéconomique) de la maximisation de l'utilité (ch. 3). Rien d'étonnant donc à ce que l'approche « MIT » de la question du choix de départ s'inspire également de la théorie économique et des modèles désagrégés développés sur la base de cette celle-ci<sup>1108</sup>. L'automobiliste, toujours prêt à opter pour l'alternative à laquelle il associe une utilité maximale, essaie ici de minimiser une somme de temps pondérée : temps de parcours sur son itinéraire – comme dans les modèles

---

<sup>1108</sup> On se réfère ainsi au célèbre article de Vickrey sur la congestion, paru dans *The American Economic Review* en 1969. Voir William S. Vickrey, « Congestion Theory and Transport Investment », *The American Economic Review*, vol. 59, n°2, 1969, p. 251-260.

d'affectation statique par ailleurs – et, élément nouveau, la *différence* entre temps désiré et temps réel d'arrivée à sa destination. Les auteurs vont par ailleurs rendre leur modèle encore plus dynamique en ajoutant des variations (de trafic...) d'un jour à l'autre<sup>1109</sup>.

Vers la même époque, un jeune universitaire, Hani Mahmassani (né en 1956), que l'on a déjà rencontré dans le chapitre consacré à la modélisation basée sur les activités<sup>1110</sup>, inséré dans d'autres réseaux, traitera avec ses collaborateurs de ces mêmes questions abordées par l'équipe de Ben-Akiva. Après sa thèse au MIT, sous la direction d'un innovateur en matière d'affectation statique, Yossef Shefi, promoteur de la technique dite d'« équilibre avec utilité stochastique » (« Stochastic User Equilibrium » (SUE)) (ch. 4), Mahmassani<sup>1111</sup> obtient son premier poste à l'« University of Texas » à Austin en 1982. Avec son collègue, et bientôt son mentor, Robert Herman (1914-1997)<sup>1112</sup> – un physicien d'origine, spécialisé dans les techniques de la recherche opérationnelle, qui est devenu, à partir des années 1950, l'un des créateurs de la science moderne du trafic<sup>1113</sup> –, Mahmassani va publier les premiers résultats de leurs travaux sur la question du choix horaire et son influence sur l'évolution des flux sur

---

<sup>1109</sup> Voir, par exemple: A. de Palma, M. Ben-Akiva, M. Lefèvre et N. Litinas, “Stochastic Equilibrium Model of Peak Period Congestion”, *Transportation Science*, vol. 17, 1983, p. 430-453; M. Ben Akiva, M. Cyna et A. de Palma, “Dynamic Model of Peak Period Congestion”, *Transportation Research Part B*, vol. 18B, n° 4/5, 1984, p. 339-355; Moshe Ben-Akiva, André de Palma et Pavlos Kanaroglou, “Dynamic Model of Peak Period Traffic Congestion with Elastic Arrival Rates”, *Transportation Science*, vol. 20, n° 3, 1986, p. 164-181; Richard Arnott, André de Palma et Robin Lindsey, “Does Providing Information to Drivers Reduce Traffic Congestion?”, *Transportation Research Part A*, vol. 25A, n°5, 1991, p. 309-18. Les auteurs mentionnent les quelques travaux disponibles sur le sujet au début des années 1980.

<sup>1110</sup> Rappelons que Hani Mahmassani professe actuellement à la « Northwestern University », où il dirige le « Transportation Center » (<http://www.transportation.northwestern.edu/mahmassani/> (3 janvier 2013)). Son CV est téléchargeable à l'adresse suivante : [http://www.mccormick.northwestern.edu/docs/public\\_cv/Mahmassani-Hani-CV.pdf](http://www.mccormick.northwestern.edu/docs/public_cv/Mahmassani-Hani-CV.pdf) (3 janvier 2013).

<sup>1111</sup> Hani Sobhi Mahmassani, *Methodological Aspects of a Decision Aid for Transportation Choices Under Uncertainty*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, décembre 1981.

<sup>1112</sup> Mahmassani rédige un hommage à Robert Herman quand celui-ci disparaît en 1997 : Hani Mahmassani, « Tributes to Robert Herman », *Transportation Science*, vol. 31, n°2, 1997, p. 102-103.

<sup>1113</sup> Rappelons ici que, contrairement à la modélisation des déplacements urbains qui avait été conçue à des fins de planification des transports et opère souvent à la fois sur des temps longs (plusieurs années) et sur des espaces étendus (une ville, voire une région métropolitaine), les modèles de trafic, qui se développent également à partir des années 1950, modélisent (simulent) de façon beaucoup plus fine les flux des voitures sur le réseau. Beaucoup plus exigeants sur le plan computationnel, ils sont utilisés, à l'époque où la modélisation à quatre étapes arrive à maturité et devient l'outil-standard dans le domaine de la planification des transports, pour des aménagements et des régulations *locaux* (au niveau des carrefours, etc.). Sur Robert Herman, voir, entre autres : « Tributes to Robert Herman », *Transportation Science*, vol. 31, n° 2, 1997, p. 101-103 ; D. Gazis, « In Memoriam Robert Herman », *OR/MS Today*, avril 1997 (<http://www.orms-today.org/orms-4-97/Herman.html> : 30 janvier 2013). Dans un texte très personnel sur l'histoire de la science du trafic, Herman revient sur son travail commun avec Mahmassani : Robert Herman, « Human Interaction, and Complexity : Reflections on Vehicular Traffic Science », *Operations Research*, vol. 40, n° 2, 1992, p. 199-212 (p. 206-207).

le réseau dans un article publié dans *Transportation Science* en 1984<sup>1114</sup>. Comme dans la plupart des recherches sur la question de l'affectation dynamique à l'époque, les deux auteurs travaillent sur des situations hautement stylisées. Mahmassani et Herman commencent par étudier le cas d'un groupe de navetteurs (« commuters ») qui se rendent d'une seule origine à une destination également unique à travers un seul itinéraire, leur univers de choix étant limité au seul choix de départ horaire. Ensuite, ils vont complexifier leur exemple, en ajoutant un second itinéraire possible, ce qui leur permet de formuler de façon dynamique le 1<sup>er</sup> principe de Wardrop de la façon suivante : « user equilibrium conditions for this situation are such that no user can reduce his/her travel cost by unilaterally changing routes and/or departure times » (p. 373). Grâce aux compétences de Herman en science du trafic la modélisation de la formation de la congestion sur le réseau proposée par les auteurs dans cet article est plus réaliste que dans d'autres travaux similaires tout en restant « raisonnable » du point de vue computationnel.

Mahmassani, souvent avec Herman, mais surtout avec divers étudiants de son université dont il supervise la recherche doctorale, va continuer dans les années qui suivent à explorer le problème général que l'article de 1984 abordait à l'aide de situations idéalisées, à savoir « the dynamics of interaction between user decisions [en matière de choix horaire et d'itinéraire, par exemple] and system performance [en matière de congestion par exemple] »<sup>1115</sup>. Or, l'approfondissement de cette question nécessite à son tour des réponses à toute une série de questions qui relèvent des sciences humaines les plus fondamentales : comment décide-t-on dans un contexte particulier ? Comment apprend-t-on de nos expériences passées, celle d'être pris dans une congestion, par exemple?<sup>1116</sup> En posant, et en essayant de répondre à ces questions, Mahmassani, à l'instar de ses collègues qui militent à cette époque pour une modélisation (plus réaliste) des déplacements urbains basée sur les activités et avec lesquels il est en dialogue comme nous l'avons déjà vu, devient sociologue, prêt à disséquer le comportement des automobilistes dans le monde réel à l'aide, s'il le faut, de dispositifs expérimentaux. Les résultats de ses investigations sur la psyché de l'automobiliste ne tarderont pas à devenir publics.

---

<sup>1114</sup> Hani Mahmassani et Robert Herman, « Dynamic User Equilibrium Departure Time and Route Choice on Idealized Traffic Arterials », *Transportation Science*, vol. 18, n° 4, 1984, p. 362-384.

<sup>1115</sup> *Ibid.*, p. 383.

<sup>1116</sup> *Ibid.*



S'associant avec Herman de nouveau et à l'aide de son étudiant Gang-Len Chang, auteur d'une thèse de doctorat en 1985<sup>1117</sup>, Mahmassani va s'attaquer maintenant à une question qui a été absente de l'article de 1984. Rappelons que celui-ci traitait des variations en matière de départ horaires (et de trafic) à l'intérieur d'une *seule* journée. Il s'agit maintenant d'étudier des variations observées *d'un jour à l'autre* (« day-to-day dynamics »): comment l'utilisateur de la route, qui fait l'expérience de la congestion, transforme cette expérience désagréable en processus d'apprentissage et ajuste ses choix horaires dans la durée afin de « battre la congestion »<sup>1118</sup>. Mahmassani, partageant les mêmes affinités avec les adeptes de la modélisation basée sur les activités, trouve que le paradigme économique de l'homme économique parfaitement informé qui maximise sa fonction d'utilité – ou, ce qui revient au même, qui minimise sa fonction de désutilité, tel que le temps de parcours –, endossé explicitement par McFadden et Ben-Akiva dans les années 1970 mais épousé implicitement aussi par Wardrop avec son premier principe, pêche par excès de schématisation. Pour répondre à ces questions, et faute de pouvoir procéder à de vraies expérimentations, Mahmassani et ses collaborateurs vont recourir à une série d'« expériences de simulation » (« simulation experiments »). A la place des hommes réels on aura des hommes virtuels, dotés de règles de comportement en phase avec la théorie de Hebert Simon, auteur que Mahmassani avait étudié durant ses années au MIT<sup>1119</sup>. Mus par une « rationalité limitée » et à la recherche des solutions « satisfaisantes » et non pas « optimales », ces hommes virtuels vont interagir, via l'ordinateur, avec les « performances » d'un système de transport, un corridor d'autoroutes modélisé à l'aide d'une théorie du trafic toujours simplifiée mais suffisamment robuste<sup>1120</sup>. Dans un second temps, les expériences mettent en jeu des hommes et des femmes en chair et en os. Le dispositif expérimental des auteurs comprend de vraies personnes, une vingtaine d'individus faisant quotidiennement le trajet domicile-travail, qui interagissent avec le « comportement » d'un système de transports, simulé à l'aide de la même théorie du trafic simplifiée mais suffisamment réaliste. Chaque utilisateur du système

---

<sup>1117</sup> Gang-Len Ghang, *Departure Time Decision Dynamics in the Urban Transportation Network*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, University of Texas at Austin, 1985.

<sup>1118</sup> Je traduis littéralement (« beat congestion ») du texte de Mahmassani et Chang : les auteurs se réfèrent ici à un article pionnier sur cette question : Donald P. Gaver, « Headstart Strategies for Combating Congestion », *Transportation Science*, vol. 2, n° 2, 1968, p. 172-181.

<sup>1119</sup> Avec cinq travaux de lui figurant dans la bibliographie de sa thèse, Simon est l'un des auteurs les plus mobilisés par Mahmassani : H. Mahmassani *Methodological Aspects of a Decision Aid for Transportation Choices Under Uncertainty*, *op. cit.*, p. 264.

<sup>1120</sup> H.S. Mahmassani et G.-L. Chang, « Experiments with Departure Time Choice Dynamics of Urban Commuters », *Transportation Research Part B*, vol. 20B, n° 4, 1986, p. 297-320. Simon n'est cité, mais sa présence entre les lignes est évidente. Il sera cité dans plusieurs autres articles de l'auteur.

fournit, de façon indépendante, comme entrée à la simulation ses décisions en matière de choix horaire et d'itinéraire pour se rendre à son travail. Alimenté avec les décisions et les choix de tous les navetteurs, le simulateur calcule alors les heures d'arrivée de chacun ainsi que les niveaux de congestion sur le réseau qui résultent de l'interaction des utilisateurs du système. Les informations sur ces résultats sont ensuite communiquées aux automobilistes qui doivent actualiser leurs décisions pour le jour suivant. L'expérience se poursuit pendant quelques semaines (24 jours), et les auteurs analysent l'évolution du système, la formation et la dissipation de la congestion en particulier, dans le temps<sup>1121</sup>. Notons enfin avant de quitter ces expériences que celles-ci vont finir par ajouter au vocabulaire de la modélisation des déplacements urbains, la partie concernant l'affectation en particulier, un nouveau sigle : ainsi BRUE, pour « Boundedly Rational User Equilibrium »<sup>1122</sup>, prendra sa place au sein de la communauté des modélisateurs à côté des autres types de UE (« User Equilibrium »), tels que : SUE (« Stochastic User Equilibrium ») et DUE (« Dynamic User Equilibrium »)<sup>1123</sup>. Comme les auteurs le définissent eux-mêmes « A boundedly rational user equilibrium (BRUE) is achieved in a transportation system when all users are *satisfied* with their current choices [c'est moi qui souligne] », et par conséquent aucun « intend to switch »<sup>1124</sup>.

Apparemment, Mahmassani est content de ces « simulation experiments » – dans ses deux versions : avec des êtres humains virtuels, modélisés à la lumière de la théorie de la rationalité limitée de Simon, et avec de vrais navetteurs – et croit fermement à leur potentiel pour explorer les rapports entre les décisions des utilisateurs d'un système de transports et les

---

<sup>1121</sup> Hani S. Mahmassani, Gang-Len Chang et Robert Herman, “Individual Decisions and Collective Effects in a Simulated Traffic System”, *Transportation Science*, vol. 20, n° 4, 1986, p. 258-271. L'article classique de H. Simon, « A Behavioral Model of Rational Choice », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 69, n° 1, 1955, p. 99-118, est cité (in *ibid.*, 271). Voir aussi G.-L. Chang et H. S. Mahmassani, “Travel Time Prediction and Departure Time Adjustment Behaviour Dynamics in a Congested Traffic System”, *Transportation Research Part B*, vol. 22B, n° 3, 1988, p. 217-232. Pour d'autres références concernant les années 1980, dont certaines parues dans la revue du « Transportation Research Board », voir la liste bibliographique à la fin de l'article de Hani S. Mahmassani, « Dynamic Models of Commuter Behavior : Experimental Investigation and Application to the Analysis of Planned Traffic Disruptions », *Transportation Research Part A*, vol. 24A, n° 6, 1990, p. 465-484.

<sup>1122</sup> Hani S. Mahmassani et Gang-Len Chang, « On Boundedly Rational User Equilibrium in Transportation Systems », *Transportation Science*, vol. 21, n° 2, 1987, p. 89-99.

<sup>1123</sup> Pour une discussion serrée des principes qui se trouvent derrière ces types d'« équilibre », ainsi que pour une évaluation des conséquences pratiques de la mise en œuvre de ces principes, voir l'article récent de Lei Zhang, « Behavioral Foundations of Route Choice and Traffic Assignment : Comparison of Principles of User Equilibrium Traffic Assignment Under Different Behavioral Assumptions », *Transportation Research Board*, n° 2011, p. 1-10.

<sup>1124</sup> H. S. Mahmassani et Gang-Len Chang, « On Boundedly Rational User Equilibrium in Transportation Systems », *op. cit.*, p. 89 et p. 91.

performances de ce dernier. D'autres expérimentations, selon ce même protocole, vont immédiatement suivre dans le but d'étudier, par exemple, les effets de « planned traffic disruptions » et la « stability of the boundedly-rational equilibria that arise as a result of the individual behavior rules »<sup>1125</sup>. Les résultats accumulés poussent Mahmassani à utiliser cette approche, à l'édification de laquelle il a beaucoup contribué, pour explorer une *troisième* et nouvelle dimension de l'affectation dynamique, celle faisant intervenir *le temps réel* : il s'agit d'analyser ici les effets que des informations diffusées aux conducteurs en temps réel peuvent avoir sur les performances d'un système de transport, un corridor toujours dans le cas analysé par l'auteur et ses collaborateurs. Comme pour les autres recherches accomplies par Mahmassani et son équipe, la question a évidemment un intérêt pratique dans la mesure où on espère tirer des conclusions opérationnelles pour la conception et l'utilisation de systèmes d'information embarqués (« real time in-vehicle information systems ») dans la lutte contre la congestion<sup>1126</sup>.

L'intérêt manifesté par Mahmassani pour la question de l'affectation dynamique dans des conditions de temps réel s'inscrit dans l'esprit du temps. A la fin des années 1980, le sujet est relativement nouveau mais d'une grande actualité. En effet, vu les problèmes de congestion qui assaillent les grandes villes américaines, la question commence à mobiliser de nombreux spécialistes dans le domaine des transports, dont des modélisateurs<sup>1127</sup>. Mais si des systèmes de guidage basés sur l'information en temps réel existent déjà dans les années 1980 et font l'objet de recherches systématiques sur leurs aspects matériels, leur efficacité dans la lutte

---

<sup>1125</sup> Hani S. Mahmassani, « Dynamic Models of Commuter Behavior: Experimental Investigation and Application to the Analysis of Planned Traffic Disruptions », *op. cit.*, p. 466. Sur ces expérimentations avec de vrais humains ainsi que pour une réflexion sur ce type d'analyse, voir aussi : H.S. Mahmassani et R. Herman, « Interactive Experiments for the study of Tripmaker Behaviour Dynamics in Congested Commuting Systems », dans P. Jones (éd.), *Developments in Dynamic and Activity-based Approaches to Travel Analysis*, Gower, Aldershot, 1990, p. 272-298. Sur une autre expérience, sans vrais navetteurs cette fois, voir H.S. Mahmassani et R. Jayakrishnan, « Dynamic Analysis of Lane Closure Strategies », *ASCE Journal of Transportation Engineering*, vol. 114, n° 4, p. 476-496.

<sup>1126</sup> Hani S. Mahmassani et R. Jayakrishnan, « System Performance and User Response Under Real-Time Information in a Congested Traffic Corridor », *Transportation Research Part A*, vol. 25 A, n° 5, 1991, p. 293-307.

<sup>1127</sup> Voir l'article de synthèse de David E. Boyce, « Route Guidance Systems for Improving Urban Travel and Location Choices », *Transportation Research part A*, vol. 22A, n° 4, 1988, p. 275-281, ainsi que les études menées par des chercheurs de l'antenne de l'« Institute of Transportation Studies » à Berkeley et du « Texas Transportation Institute » respectivement: Haitham Al-Deek, Michael Martello, Adolf D. May, Wiley Sanders, « Potential Benefits of In-Vehicle Information Systems in a Real Life Freeway Corridor under Recurring and Incident-induced Congestion », *Vehicle Navigation and Information Systems Conference*, 11-13 septembre 1989, p. 288-291; Kevin N. Balke, William R. McCasland, Steven Z. Levine et Conrad L. Dudek, « Collection and Dissemination of Real-Time Travel Time and Incident Information with In-Vehicle Communication Technologies », *Vehicle Navigation and Information Systems Conference*, 20-23 octobre 1991, p. 77-82.

contre la congestion reste à démontrer. On soupçonne même qu'une diffusion de la même information à l'ensemble des automobilistes sur un réseau risque de provoquer des embouteillages si tous les utilisateurs du système choisissent de façon « myope » l'itinéraire qui apparaît, au moment où ils reçoivent l'information, comme la meilleure alternative<sup>1128</sup>.

Ces questions vont dominer une grande manifestation internationale déployée sur le sol italien les 21-23 juin 1989, sous le patronage conjoint de la « U.S. National Science Foundation » et du « Consiglio Nazionale delle Ricerche ». Même si les Américains et les Italiens sont majoritaires parmi les participants, d'autres pays sont également représentés – soulignons l'absence française – dans cette conférence intitulée « Urban Traffic Networks : Dynamic Control and Flow Equilibrium »<sup>1129</sup>, signe du caractère international de l'intérêt pour ces questions. Parmi les intervenants, des noms que nous avons rencontrés à plusieurs reprises dans ce chapitre: Ben- Akiva, Mahmassani et leurs collaborateurs<sup>1130</sup>.

Les deux équipes vont proposer des communications qui frappent d'abord par la communauté des objectifs visés, la similarité des démarches et la convergence quant aux leçons qu'elles tirent de leurs analyses respectives. S'appuyant sur leurs travaux précédents sur le choix horaire et le choix de l'itinéraire, chaque équipe propose d'intégrer la question de l'information diffusée en temps réel aux conducteurs dans le cadre d'une modélisation globale qui comprend toujours deux parties en interaction : un modèle de fonctionnement du réseau et un modèle du conducteur. Les auteurs envisagent alors une série de scénarios possibles : quel type d'information diffuser? Faut-il- la diffuser à tous les conducteurs, à une fraction de ceux-ci?, et analysent les effets de différentes stratégies de diffusion d'information sur le comportement des conducteurs et les performances du réseau. Leurs conclusions générales convergent vers la nécessité de recherches supplémentaires. Evidemment le diable

---

<sup>1128</sup> Voir l'article « iconoclaste » des Richard Arnott, André de Palma et Robin Lindsey, « Does Providing Information to Drivers Reduce Traffic Congestion », *op. cit.*; ainsi que l'article signé par Moshe Ben-Akiva, André de Palma et Isam Kaysi, « Dynamic Network Models and Driver Information Systems », *Transportation Research Part A*, vol. 25A, n° 5, 1991, p. 251-266.

<sup>1129</sup> Les 26 communications sont réunies dans N. H. Gartner et G. Improta (éd.), *Urban Traffic Networks : Dynamic Control and Flow Equilibrium*, Preprints for Italy-U.S.A. Joint Seminar held in Capri, June 21-23, 1989, Università di Napoli, Napoli (Italy). Une sélection de douze communications a débouché sur deux projets éditoriaux dans *Transportation Research Part B*, vol. 24B, n°6, 1990 (six articles) et *Transportation Research Part A*, vol. 25A, n° 5, 1991 (un ensemble de six articles également).

<sup>1130</sup> Moshe Ben-Akiva, André de Palma et Isam Kaysi, « Dynamic Network Models and Driver Information Systems », *op. cit.* ; Hani S. Mahmassani et R. Jayakrishnan, « System Performance and User Response Under Real-Time Information in a Congested Traffic Corridor », *op. cit.*

se trouve dans le détail : ni la modélisation des conducteurs – leurs règles de décision, leur façon de recevoir et de réagir à l’information, etc. – ni celle du trafic sont identiques chez les uns et chez les autres.

Ce face-à-face physique italien des deux collectifs, animés par Mahmassani et Ben-Akiva respectivement, va se poursuivre pendant plusieurs années sur le sol américain cette fois. Il va prendre même une tournure institutionnelle quand la « Federal Highway Administration » du ministère des Transports décide de financer simultanément l’« University of Texas » et le MIT pour le développement d’un modèle à visée opérationnelle, capable d’aider les agences urbaines de planification de transports américaines (les « Metropolitan Planning Organizations » (MPO)), et autres gestionnaires de réseaux à faire barrage aux vagues de congestion qui montent continuellement, nous l’avons vu, à partir des années le début des années 1980.

Le 20 novembre 1991, “The New York Times” publie un article intitulé « Business Technology : ‘Smart’ Plans for Clogged Roads »<sup>1131</sup>. L’auteur du texte commence par dépeindre les (très mauvaises) conditions de congestion qui prévalent dans les villes américaines avant d’annoncer la bonne nouvelle. Après deux décennies d’efforts intermittents pour utiliser le potentiel des systèmes de recueil et de traitement de l’information dans la lutte contre la congestion, la nation a enfin décidé d’agir, en déployant, et ce sur la longue durée, des moyens à la hauteur des enjeux. D’après une étude du « Texas Transportation Institute », la congestion coûte aux Etats-Unis pas moins de quarante milliards de dollars par an pour cause de baisse de productivité. Enjeux environnementaux aussi, les arrêts et les démarrages successifs des véhicules pris dans des embouteillages étant une source importante de pollution.

Nation pionnière dans un premier temps, les Etats-Unis se trouvent dans les années 1980 loin derrière l’Europe et le Japon dans le domaine technologique connu sous le sigle de IVHS (« Intelligent Vehicle Highway Systems »), devenu au début des années 1990 IST (« Intelligent Transportation Systems » ; Systèmes de Transport Intelligents en français)<sup>1132</sup>.

---

<sup>1131</sup> <http://www.nytimes.com/1991/11/20/business/business-technology-smart-plans-for-clogged-roads.html?pagewanted=all&src=pm> (1er février 2013).

<sup>1132</sup> Voir Edward Weiner, *Urban Transportation Planning in the United States. An Historical Overview*, Westport (Connecticut), Praeger, 1999 (2e éd.), p. 160-161. Pour une brève histoire des systèmes IVHS jusqu’au début des années 1990, voir Robert E. Fenton, “IVHS/AHS: Driving into the Future”, *IEEE Control System*, vol. 14, n° 6, décembre 1994, p. 13-20. Pour le renouveau de cette problématique aux Etats-Unis, mais aussi à travers

Après débats et plusieurs initiatives à travers le pays dans la seconde moitié des années 1980, en Californie notamment, la « Highway Users Federation » et l'« American Association of State Highway and Transportation Officials » établissent en juillet 1990 « IVHS America », qui vise à faire rapprocher compagnies privées, Etats fédérés, municipalités et monde académique, objectif réussi à en juger par la liste des membres de l'organisation en 1992<sup>1133</sup>. L'« Intermodal Surface Transportation Efficiency Act » de 1991 (ISTEA-91) dote ce projet national sur le développement des Systèmes de Transport Intelligents d'un budget de 659 millions de dollars pour la période 1992-1997, dont 158 millions pour le volet recherche et développement<sup>1134</sup>. Grâce à leurs recherches dans les années 1980, Mahmassani et Ben-Akiva sont bien placés pour tirer profit de cette manne financière<sup>1135</sup>.

Déjà depuis septembre 1988, le MIT est « leader » de la « Region One University Transportation Center » (UTC), l'une des dix organisations de ce type choisies et financées par le ministre des Transports. « Region One UTC » est un consortium de plusieurs universités localisées dans les six Etats qui forment la « New England ». MIT reçoit alors un million de dollars par an du gouvernement fédéral pour financer une série de programmes, le consortium devant trouver un autre million par des sources non fédérales. Parmi les thèmes de recherche prioritaires que le « Region One UTC » souhaite développer figurent les « Intelligent Vehicle Highway Systems » (IVHS)<sup>1136</sup>. Ce n'est pas un hasard. A la fin des années 1980, le MIT en général<sup>1137</sup>, Ben Akiva et son équipe au sein du « Center for Transportation Studies » (CTS) en particulier sont déjà des adeptes des IVHS et en train de développer des programmes de recherche-maison autour des nouvelles technologies

---

le monde, voir: du point de vue des acteurs, le rapport préparé par Robert L. French, E. Ryerson Case, Yoshikazu Noguchi, Christopher Queree, Sakamoto, Ove Sviden, *A Comparison of IVHS Progress in the United States, Europe, and Japan*, Prepared by R.L. French&Associates for IVHS AMERICA, 31 décembre 1993 (le rapport contient un historique des IVHS); du point de vue du sociologue: Pierre Lannoy, *Le Problème de la circulation et la Promesse Télématique*, Paris, Publibook, 2003.

<sup>1133</sup> IVHS America, *Strategic Plan for Intelligent Vehicle-Highway Systems in the United States*, Washington, 20 mai 1992, Appendix F (p. F1-F2).

<sup>1134</sup> E. Weiner, *Urban Transportation Planning in the United States. An Historical Overview*, op. cit., p. 185.

<sup>1135</sup> Sur les premiers projets financés, voir Federal Highway Administration, Federal Transit Administration et National Highway Traffic Safety Administration, *Department of Transportation's Intelligence Vehicle Highway Systems Projects*, Washington, D.C., mars 1994 (le document contient des fiches individuelles sur chaque projet).

<sup>1136</sup> Massachusetts Institute of Technology, *Reports to the President, 1989-1990*, p. 357; Massachusetts Institute of Technology, *Reports to the President for the Year Ended, June 30, 1991*, p. 283-85.

<sup>1137</sup> Joseph M. Sussman, un collègue de Ben-Akiva au «Department of Civil and Environmental Engineering» du MIT, a été l'un des membres du groupe qui a rédigé le rapport (influent): IVHS America, *A Strategic Plan for Intelligent Vehicle-Highway Systems in the United States*, Washington, D.C., 1992.

d'information et leur application aux transports<sup>1138</sup>. Durant l'année académique 1990-1991, Ben-Akiva est ainsi nommé « Program Director » d'un « major research program », appelé « Cooperative Research Program on Intelligent Vehicle-Highway Systems », qui implique, à côté de son centre de recherches (CTS), plusieurs autres laboratoires du MIT, dont le fameux « Lincoln Laboratory », établi en 1951 pour construire le premier système de défense aérien aux Etats-Unis suite à l'explosion de la bombe atomique soviétique en août 1949<sup>1139</sup>. Déjà doté des ressources propres, entre autre via la participation du MIT au « Region One UTC »<sup>1140</sup>, le programme IHVS maison – rebaptisé programme « Intelligent Transportation System » (ITS) à partir du milieu des années 1990 – va profiter immédiatement de l'enveloppe budgétaire prévue pour la recherche sur l'application des nouvelles technologies de l'information appliquées au transport par la législation fédérale (ISTEA-91) (*supra*). En effet, à la fin de l'année académique 1992-1993, Ben-Akiva est investi de la fonction de « Co-Principal Investigator » pour un programme de recherche concernant l'application des technologies ITS pour le « Central Artery Project » de la ville de Boston<sup>1141</sup>. Montant du financement : pas moins de 2 500 000 dollars<sup>1142</sup>. On comprend aisément pourquoi le projet fait la couverture de la revue officielle du MIT pour le mois du juillet 1992<sup>1143</sup>.

---

<sup>1138</sup> Massachusetts Institute of Technology, *Reports to the President, 1989-1990*, p. 289, p. 358-359. En 1992 déjà, Isam Adnan Kaysi soutenait, sous la supervision de Ben-Akiva, sa thèse intitulée *Framework and Models for the Provision of Real-time Driver Information*, Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1992.

<sup>1139</sup> Les autres centres de recherche du MIT impliqués dans le programme sont les : « Intelligent Engineering Systems Laboratory » ; « Center for Technology, Policy and Industrial Development » ; « Man-machine Systems Laboratory ». Voir Massachusetts Institute of Technology, *Reports to the President for the Year Ended, June 30, 1991*, p. 283.

<sup>1140</sup> Voir Massachusetts Institute of Technology, *Reports to the President For the Year Ended, June 30, 1994*, p. 281.

<sup>1141</sup> L'ampleur de ce projet a attiré l'attention d'un historien des techniques aussi célèbre que Thomas P. Hugues, *Rescuing Prometheus : Four Monumental Projects that Changed the Modern World*, New York, Pantheon Books, 1998, ch. 5. Aucune référence à la participation de Ben-Akiva et de son équipe à ce projet ne figure dans le livre.

<sup>1142</sup> Outre les centres de recherche du MIT qui font partie du programme ITS-maison, les autres acteurs du projet sont les firmes « Bechtel » et « Parsons Brinckerhoff » ainsi que le « Massachusetts Executive Office of Transportation and Construction ». Ces sont les deux firmes qui ont signé le contrat de coopération avec MIT. Voir *Massachusetts Institute of Technology, Reports to the President for the Year Ended June 30, 1993*, p. 232 et p. 291. Pour une description générale du projet, voir : Serglu F. Luchian, « Intelligent Vehicle/Highway Systems on the Central Artery (I-93)/Tunnel (I-90) Project Boston, Massachusetts, USA », *The third International Conference on Vehicle Navigation & Information Systems*, 1992, p. 58-66; Federal Highway Administration, Federal Transit Administration et National Highway Traffic Safety Administration, *Department of Transportation's Intelligence Vehicle Highway Systems Projects*, *op. cit.*, p. 56.

<sup>1143</sup> Moshe Ben-Akiva, David Bernstein, Antony Hotz, Haris Koutsopolos et Joseph Sussman, « The Case for Smart Highways », *Technology Review*, juillet 1992, p. 38-47.

Avec tout cet argent, une machine à produire des thèses de master et de doctorat, supervisées par Ben Akiva lui-même ou ses collaborateurs, à l’instar du Grec Harilaos N. Koutsopoulos, à l’époque « Assistant Professor » au MIT<sup>1144</sup>, ou du Belge Michel Bierlaire<sup>1145</sup>, s’est mise en place. Pour la seule année 1993, on compte ainsi sept thèses de master supervisées par Ben Akiva et/ou Koutsopoulos relevant du domaine ITS<sup>1146</sup>. Comme on pouvait s’y attendre, c’est de modélisation qu’il s’agit. Dans le sillage de leurs travaux précédentes, Ben-Akiva et ses collaborateurs souhaitent développer une série de modèles d’affectation dynamique, capables de satisfaire deux objectifs : d’une part, engendrer des informations à diffuser, via des systèmes d’information (« Advanced Traveler Information Systems » (ATIS)), aux automobilistes, avant que ceux-ci ne s’engagent dans leur déplacement (« pre-trip ») et/ou pendant leurs trajets (« en route »); d’autre part, prévoir et évaluer les effets sur le trafic des différentes stratégies et mesures de contrôle – la diffusion des informations aux conducteurs en fait partie – déployées par les gestionnaires du réseau dans leur effort pour lutter contre la congestion (« Advanced Traffic Management Systems »).

Parmi les nombreux élèves suivis en master par Ben-Akiva et ses collaborateurs, certains vont poursuivre leur parcours au sein de l’établissement, et vont réaliser une série de thèses dont les sujets individuels obéissent à une partition du travail soigneusement orchestrée par l’équipe d’encadrement. C’est le cas notamment de Kalidas Ashok, d’Amalia Polydoropoulou et de Qi Yang. Ashok<sup>1147</sup>, diplômé de l’« Indian Institute of Technology » (Madras), titulaire d’un master sous la direction de Ben-Akiva en 1992<sup>1148</sup>, qui soutient sa thèse quatre ans plus

---

<sup>1144</sup> Actuellement Koutsopoulos est professeur au KTH Royal Institute of Technology (Suède) :

[http://www.kth.se/en/abe/inst/tsc/avd/tol/medarbetare/Member.php?ll=en\\_UK&PersonKey=HKoutsopoulos&org=ToL](http://www.kth.se/en/abe/inst/tsc/avd/tol/medarbetare/Member.php?ll=en_UK&PersonKey=HKoutsopoulos&org=ToL) (2 février 2013).

<sup>1145</sup> Actuellement, Michel Bierlaire est professeur à l’Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Voir son site : <http://people.epfl.ch/michel.bierlaire> (3 février 2013).

<sup>1146</sup> Pour établir une liste complète des thèses de master et de doctorat supervisées au MIT par Ben-Akiva et Koutsopoulos dans le champ des ITS, on peut visiter le site :

[http://library.mit.edu/F/NNR2IJMSNMLGF7EUBY3XEEE9X9NQ8CX5NFRTV1JT43JJ62MUCU-23052?func=file&=&=&file\\_name=find-b&local\\_base=THESES2](http://library.mit.edu/F/NNR2IJMSNMLGF7EUBY3XEEE9X9NQ8CX5NFRTV1JT43JJ62MUCU-23052?func=file&=&=&file_name=find-b&local_base=THESES2) (13 mars 2013).

<sup>1147</sup> Après sa thèse, Ashok entreprend une carrière de consultant au sein de la firme bostonienne : MaPS (« Marketing and Planning Systems »), créée en 1994 (<http://www.mapsnet.com/about/history.html> : 3 février 2013). Ashok est actuellement « Vice President » de la firme (<http://www.mapsnet.com/team/leadership.html> (3 février 2013)).

<sup>1148</sup> Kalidas Ashok, *Dynamic Trip Table estimation for Real Time Traffic Management Systems*, Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1992.



tard, en 1996<sup>1149</sup>. Dans son travail de recherche au MIT, qui aura un impact important sur la littérature<sup>1150</sup>, Ashok s'attaque à un problème difficile. Il tente d'aller au delà de ce qu'on faisait habituellement en matière d'affectation dynamique – à savoir, charger le réseau à des intervalles de temps rapprochés (disons tous les 15 minutes) avec des matrices « origine-destination »<sup>1151</sup> variables dans le temps (mais connues) et essayer de reconstituer les flux résultant sur les différents arcs du réseau et leur évolution dans le temps. Il tente de *prédire* ces matrices. *Se projeter* dans le futur et ne pas se contenter d'estimer des matrices à partir d'informations sur le trafic actuel, mesuré à l'aide de capteurs installés sur le réseau par exemple (ce qui n'est pas une mince affaire non plus, et Ashok s'y attelle aussi). Or, on a de bonnes raisons de croire que les systèmes de gestion dynamique du trafic sont d'autant plus efficaces qu'ils sont capables d'élaborer leurs stratégies sur la base des flux futurs sur le réseau plutôt qu'à partir du trafic actuel. Ainsi, la « bonne » information à diffuser auprès des conducteurs n'est pas celle qui les informerait sur le temps de parcours sur tel arc du réseau calculé selon l'état du trafic *au moment de l'envoi de l'information*, mais le temps de parcours qui va résulter des *effets* des réactions des conducteurs à l'information qu'ils vont recevoir (d'où le besoin des projections dans le futur : modéliser ici les réactions des conducteurs à l'information et prédire le trafic qui va résulter de ces réactions). Il va de soi que la construction d'un modèle susceptible d'être utilisé en temps réel pour de telles prédictions pose au modélisateur des contraintes fortes dans sa façon de concevoir les techniques de prédiction qui sont sommées, temps réel oblige, de livrer leurs « outputs » le plus rapidement possible. Ashok teste ses techniques innovantes d'estimation et de prédiction de ces matrices « origine-destination » variables dans le temps, qui mobilisent plusieurs sortes d'informations (données historiques et données en temps réel) à l'aide de données de trafic provenant de trois sites réels : le « Massachusetts Turnpike », l'« Interstate I-880 », près de Hayward en

---

<sup>1149</sup> Kalidas Ashok, *Estimation and Prediction of Time-Dependant Origin-Destination Flows*, Ph.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, septembre 1996. Voir aussi : K. Ashok et M.E. Ben-Akiva, "Alternative Approaches for Real-Time Estimation and Prediction of Time-Dependent Origin-Destination Flows", *Transportation Science*, vol. 34, n° 1, 2000, p. 21-36; K. Ashok et M. E. Ben-Akiva, "Estimation and Prediction of Time-Dependent Origin-Destination Flows with a Stochastic Mapping to Path Flows and Link Flows", *Transportation Science*, vol. 36, n° 2, 2002, p. 184-98.

<sup>1150</sup> Voir par exemple, Baher Abdulhai et Lina Kattan, "Traffic Origin-Destination Estimation" dans Myer Kutz (éd.), *Handbook of Transportation Engineering*, vol. II : « Applications and Technology », New York, McGraw-Hill, 2011 (2<sup>e</sup> éd.), p. 2.1-2.17.

<sup>1151</sup> Rappelons que chaque cellule de la « matrice origine-destination » donne le nombre des déplacements (flux) pour une combinaison spécifique d'une origine, d'où partent les flux, et d'une destination, vers où les flux se dirigent.

Californie, et le boulevard périphérique de la ville d'Amsterdam. Verdict de l'expérience, tel qu'interprété par l'auteur et son superviseur : résultats encourageants, affaire à suivre.

Dans cette division du travail parmi les étudiants en thèse, Amalia Polydoropoulou a hérité de la partie « voyageurs et systèmes d'information avancés ». Diplômée de l'Université nationale technique d'Athènes (1990), elle obtient son master en 1993<sup>1152</sup> et soutient sa thèse quatre ans plus tard<sup>1153</sup>. Son travail consiste à modéliser le comportement des conducteurs vis-à-vis des différents « Advanced Traveler Information Systems » (ATIS) disponibles, et ce de plusieurs points de vue. Comment les conducteurs les aperçoivent-ils ? Les utilisent-ils souvent ? Dans quelles conditions de prix ? Comment répondent-ils, enfin, aux informations diffusées au sujet du trafic par ces systèmes, que ce soit avant leur départ ou pendant leur trajet ? Suppriment-ils le déplacement prévu, partent-ils plus tôt, changent-ils de mode ou d'itinéraire... ? Pour modéliser le comportement des utilisateurs des ATIS, l'auteure combine alors enquêtes de préférences déclarées et enquêtes de préférences révélées. Quant aux modèles construits, ils portent la marque de fabrique du superviseur de la thèse : ce sont des modèles désagrégés de choix discrets d'attitudes et de perceptions, adaptés au contexte des ATIS, et testés sur deux cas avec des données provenant des régions de Boston et de San Francisco.

Le troisième doctorant dont le travail va marquer le déroulement du projet ITS dirigé par Ben-Akiva au MIT dans les années 1990 répond au nom de Qi Yang. Ancien élève de l'université de Pékin (1983), Qi Yang obtient son master au MIT en août 1993<sup>1154</sup> et sa thèse de doctorat en juin 1997<sup>1155</sup>. Complémentaire des travaux que nous venons de présenter brièvement, la

---

<sup>1152</sup> Amalia Polydoropoulou, *Modeling the Influence of Traffic Information on Drivers' Route Choice Behavior*, Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, janvier 1993.

<sup>1153</sup> Amalia Polydoropoulou, *Modeling User Response to Advanced Traveler Information Systems (ATIS)*, Ph.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 1997. Voir aussi A. Polydoropoulou, M. Ben-Akiva, I. Kaysi, « Influence of Traffic Information on Drivers' Route Choice Behavior », *Transportation Research Record*, n° 1453, 1994, p. 55-65; A. Khattak, A. Polydoropoulou, M. Ben-Akiva, « Modeling Revealed and Stated Pretrip Travel Response to Advanced Traveler Information Systems », *Transportation Research Record*, n° 1537, 1996, p. 46-54; A. Polydoropoulou, M. Ben-Akiva, A. Khattak, G. Lauprete, « Modeling Revealed and Stated En-route Travel Response to Advanced Traveler Information Systems », *Transportation Research Record*, n° 1537, 1996, p. 38-45.

<sup>1154</sup> Qi Yang, *A Microscopic Traffic Simulation Model for IVHS Applications*, Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1993 (c'est Harilaos Koutsopoulos qui a supervisé le travail de Yang).

<sup>1155</sup> Qi Yang, *A Simulation Laboratory for Evaluation of Dynamic Traffic Management System*, Ph.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin

recherche et le produit délivré par Yang diffèrent de ces derniers sur plusieurs points. Le terme de « laboratoire » dans le titre de la thèse est, d'ailleurs, une sorte de marqueur de cette différence. Le travail de Yang consiste à développer un laboratoire virtuel, sans murs et sans machines, qui par voie de simulation, permet des expériences-tests portant sur l'évaluation des performances d'un Système de gestion dynamique de trafic (« Advanced Traffic Management System » (ATMS)). Une sorte de méta-modélisation pour évaluer d'autres modélisations, dans la mesure où, comme on vient de le voir, ces systèmes de gestion dynamique, pour développer leurs stratégies et mesures de contrôle, font appel à des modélisations, des modèles d'affectation dynamique par exemple. Appelé SIMLAB dans la thèse, rebaptisé plus tard MITSIMLab, ce « laboratoire » est composé de deux éléments centraux : un *simulateur de trafic*, nommé MITISM : « Microscopic Traffic SIMulator », qui simule de façon détaillée l'état du trafic sur le réseau – étant de nature microscopique, MITISM diffère, de ce point de vue, des autres modèles d'affectation dynamique, qui sont en général de nature soit mésoscopique soit macroscopique<sup>1156</sup>. Le second élément du MITSIMlab est appelé TMS : « Traffic Management Simulator » et simule à son tour le fonctionnement d'un Système de gestion dynamique du trafic : recevant comme entrées des informations sur l'état du réseau par MITISM, TMS engendre des stratégies et des mesures de contrôle, qui, à leur tour, alimentent le MITISM. Ce dernier simule de son côté les effets de ces actions sur l'état du réseau avant d'informer ensuite TMS, qui peut décider de rectifier ou pas ses stratégies en fonction des impacts observés sur l'état du réseau. Pourquoi bâtir un tel « laboratoire virtuel » fonctionnant sur base de nombreuses simulations ? Pour la même raison qu'on simule souvent les effets d'une bombe atomique qu'on veut tester au lieu de procéder à une expérience dans le mode réel<sup>1157</sup>. Au lieu de faire des tests avec des vrais Systèmes de gestion dynamique – qu'on doit équiper des vrais capteurs mesurant de vrais flux, de vrais

---

1997 (la thèse est supervisée conjointement par M.E. Ben-Akiva et H. Koutsopoulos). Voir aussi : Qi Yang et Haris N. Koutsopoulos, "A Microscopic Traffic Simulator for Evaluation of Dynamic Traffic Management Systems", *Transportation Research Part C*, vol. 4, n° 3, 1996, p. 113-129; Qi Yang, Haris N. Koutsopoulos et Moshe E. Ben-Akiva, "Simulation Laboratory for Evaluating Dynamic Traffic Management Systems", *Transportation Research Record*, n° 1710, 2000, p. 122-130.

<sup>1156</sup> Microscopique, mésoscopique, macroscopique : les modèles de nature microscopique modélisent (simulent) les flux sur un réseau à partir des voitures individuelles ; ceux de nature mésoscopique opèrent des groupements de véhicules et simulent le mouvement de ces paquets de véhicules, alors que le modèle de nature macroscopique traite du trafic à l'aide de paramètres macroscopiques, comme la vitesse, la densité etc. Plus détaillés que les autres, les modèles microscopiques sont beaucoup plus exigeants en termes computationnels.

<sup>1157</sup> Pour l'usage de la simulation dans d'autres domaines, celui de la finance par exemple, analysé d'un point de vue sociologique, voir les réflexions de Donald MacKenzie, *An Engine, not a Camera: How Financial Models Shape Markets*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2006, ainsi que : « Histoire des techniques et sociologie de la connaissance », *Annales HSS*, n° 4-5, juillet-octobre 1998, p. 795-814.

panneaux à message variable, de vrais feux rouges et de logiciels d'affectation dynamique tournant sur de vrais ordinateurs – et de vrais réseaux avec de vraies voitures, on simule d'abord ces deux réalités et leurs interactions, et c'est sur la base des résultats obtenus par la simulation qu'on décide de matérialiser ou pas ce Système de gestion dynamique, qui a été testé au préalable dans un monde certes virtuel, mais après tout c'est mieux que rien (le même raisonnement s'applique à notre bombe). L'auteur de la thèse peut fièrement déclarer que le “modelling system developed in this research is the first of its kind that has been implemented and whose usage has been demonstrated though a case study using a real network”<sup>1158</sup> – il s'agit du périphérique « A10 » de la ville d'Amsterdam, le même site qu'Ashok avait utilisé pour tester ses techniques de prédiction relatives aux matrices « origine-destination ».

Tout ce travail paie. Avec satisfaction, le MIT annonce que MITSIM a obtenu le premier prix du journal *Discover Magazine* dans la catégorie « Innovation Technologique » pour l'année 1997<sup>1159</sup>. L'année d'avant, on se félicitait déjà du fait que l'équipe de Ben-Akiva avait été sélectionnée par la « Federal Highway Administration » (FHWA) du ministère des Transports américain pour un projet important sur le développement d'un modèle d'affectation dynamique, lequel, une fois développé, serait diffusé par l'Administration fédérale aux agences urbaines de planification des transports à travers le pays – on retrouve ici du côté de l'administration fédérale, à une échelle plus réduite, la même logique qui avait présidé au lancement du TRANSIMS<sup>1160</sup>. En juin 1994, la FHWA avait initié un programme de recherche visant à développer des modèles d'affectation dynamique pouvant servir comme support à des Systèmes de Transport Intelligents (ITS). Décidément avide d'utiliser les ressources offertes par les grands laboratoires nationaux qui chôment un peu dans le contexte de l'après-Guerre froide, la FHWA fait alors appel à l'« Oak Ridge National Laboratory » (ORNL)<sup>1161</sup> pour gérer ce programme, à savoir rédiger l'appel d'offres, sélectionner les

---

<sup>1158</sup> Qi Yang, *A Microscopic Traffic Simulation Model for IVHS Applications*, op. cit., p. 20

<sup>1159</sup> Massachusetts Institute of Technology, *Reports to The President for the Year Ended June 30, 1997*, p. 252. Le travail de Yang va continuer à susciter de l'intérêt même en dehors de la communauté des modélisateurs des transports. Ainsi, il a été présenté à deux programmes de télévision : « American Scientific Frontiers » et « 20/20 ». Voir Massachusetts Institute of Technology, *Reports to The President for the Year Ended June 30, 1999*, p. 283.

<sup>1160</sup> Massachusetts Institute of Technology, *Reports to The President for the Year Ended June 30, 1996*, p. 241.

<sup>1161</sup> ORNL est fondé en 1943. Pour les champs de recherche cultivés par ORNL depuis sa fondation, voir le numéro spécial « histoire » de *Oak Ridge National Laboratory Review*, vol. 36, n° 1, 2003, intitulé « 60 Years of Great Science ».

propositions, suivre, tester et évaluer les projets retenus<sup>1162</sup>. Le MIT, via l'équipe de Ben-Akiva, répond présent, et sa proposition, qui prend le nom de DynaMIT, est retenue<sup>1163</sup>. Mais la partie est loin d'être gagnée. Les responsables du « Oak Ridge Laboratory » sont également séduits par une autre proposition : celle d'un certain Mahmassani et ses collaborateurs à l'« University of Texas » : ceux-ci apprennent, en octobre 1995, que leur projet sera aussi financé avec de l'argent fédéral.

Depuis ses premiers travaux en collaboration avec Herman, Mahmassani n'a cessé de travailler sur ses modèles d'affectation dynamique. A l'instar de ses collègues du MIT, il va aussi profiter du chapitre consacré par l'« Intermodal Surface Transportation Efficiency Act » (ISTEA) de 1991 aux nouvelles technologies de l'information et à leur application à la question de transports pour obtenir un financement de 559 016 dollars en 1991<sup>1164</sup>. Le produit final de ce projet est délivré en juin 1994 sous le nom de DYNASMART (« DYnamic Network Assignment Simulation Model for Advanced Road Telematics »)<sup>1165</sup>. DYNASMART incorpore plusieurs éléments déjà développés par Mahmassani et ses collaborateurs dans les années 1980 (*supra*), le dernier d'entre eux étant Rajaraman Jayakrishnan, un ingénieur d'origine indienne qui a soutenu sa thèse de doctorat avec Mahmassani, en 1992, avant d'atterrir à l'« University of California » à Irvine<sup>1166</sup>. Mais Mahmassani va bénéficier également des apports de trois autres doctorants qui forment un

---

<sup>1162</sup> Shaw-Piu Miaou, Rekha S. Pillai et al., *Laboratory Evaluation of Dynamic Traffic Assignment Systems : Requirements, Framework, and System Design*, Prepared by the Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 1996 ([http://ntl.bts.gov/data/letter\\_am/m96013967.pdf](http://ntl.bts.gov/data/letter_am/m96013967.pdf) :13 mars 2013); Edmond Chin-Ping Chang, "Improving Traffic Estimation and Prediction through Dynamic Traffic Assignment Development", *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Networking, Sensing & Control*, Taipei, Taiwan, March 21-23, 2004, p. 1313-16.

<sup>1163</sup> Massachusetts Institute of Technology, *Development of a Deployable Real-time Dynamic Traffic Assignment System*, Technical Report Task B-C, Interim Reports submitted to the Oak Ridge National Laboratory, Intelligent Transportation Systems Program and Center for Transportation Studies, Cambridge, Mass., 1996.

<sup>1164</sup> Federal Highway Administration, Federal Transit Administration et National Highway Traffic Safety Administration, *Department of Transportation's Intelligence Vehicle Highway Systems Projects*, *op. cit.*, p. 45.

<sup>1165</sup> Hani S. Mahmassani, Ta-Yin Hu, Srinivas Peeta et Athanasios Ziliaskopoulos, *Development and Testing of Dynamic Traffic Assignment and Simulation Procedures for ATIS/ATMS Applications*, prepared for U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Safety and Traffic Operations Research and Development, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, June 1993, Revided June 1994. Voir aussi : R. Jayakrishnan, Hani S. Mahmassani et Ta-Yin Hu, "An Evaluation Tool for Advanced Traffic Information and Management Systems in Urban Networks", *Transportation Research Part C*, vol. 2, n° 3, 1994, p. 129-194.

<sup>1166</sup> R. Jayakrishnan, *In-Vehicle Information Systems for Network Traffic Control : A Simulation Framework to Study Alternative Guidance Strategies*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 1992; sur l'auteur, voir: <http://www.eng.uci.edu/users/jay-jayakrishnan> (4 février 2013).

groupe bien cosmopolite dans le contexte texan : le taïwanais Ta-Yin Hu<sup>1167</sup> côtoie ainsi l'indien Srinivas Peeta<sup>1168</sup> et le grec Athanasios Ziliaskopoulos, actuellement professeur dans son pays natal après un passage par la « Northwestern University » (1996-2003)<sup>1169</sup>. Dans sa version de 1994, DYNASMART est composé de trois grands modules. Un « Simulation Component » modélise par voie de simulation<sup>1170</sup> le trafic sur le réseau : il s'agit d'un modèle qui fait mouvoir sur le réseau des « paquets » de voitures, conduites par des conducteurs appartenant à de « multiple user classes with different vehicle performance characteristics »<sup>1171</sup>. Le second module du DYNASMART est l'« User Behavior Component », qui modélise la façon dont les conducteurs répondent aux informations et aux suggestions diffusées par le Système de gestion dynamique des flux. Les conducteurs du DYNASMART sont, on s'en doutait, des êtres qui sortent des livres de Hebert Simon, puisqu'ils sont supposés chercher des solutions « satisfaisantes » et non « optimales » et décident de changer de comportement seulement si le gain qui accompagne ce changement dépasse un certain seuil. Le module appelé « Path Processing » détermine, enfin, une série d'attributs du réseau, tel que les temps de parcours, qui sont utilisés par l'« User Behavior Component »<sup>1172</sup>.

Conçu pour « assign time-varying traffic demands and model the corresponding traffic patterns to evaluate overall network performances of ATIS and or/ATMS », DYNASMART reste encore, en 1994, “a descriptive analysis tool for the evaluation of information supply strategies, traffic control measures and route assignment rules at the network level”. Mais, ses créateurs espèrent que bientôt leur produit pourra évoluer “towards a model that may be

---

<sup>1167</sup> Ta-Yin Hu, *Dynamic Analysis of Network Flows under Advanced Information and Control Systems*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 1995. Sur l'auteur, actuellement professeur au « National Cheng Kung University » (Taïwan), voir la brève notice biographique à la fin de l'article : Li-Wen Chen et Ta-Yin Hu, “Flow Equilibrium Under Dynamic Traffic Assignment and Signal Control – An Illustration of Pretimed and Actuated Signal Control Policies”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 13, n° 3, 2012, p. 1266-76 (p. 1276).

<sup>1168</sup> Srinivas Peeta, *System Optimal Dynamic Traffic Assignment in Congested Networks with Advanced Information Systems*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, mai 1994; Peeta est actuellement professeur à “Purdue University” (<https://engineering.purdue.edu/~peeta/> : 29 janvier 2013).

<sup>1169</sup> Athanasios Ziliaskopoulos, *Optimum Path Algorithms on Multidimensional Networks: Analysis, Design, Implementation and Computational Experience*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 1994 ; sur l'auteur, voir son site : [http://www.mie.uth.gr/n\\_one\\_staff.asp?id=11](http://www.mie.uth.gr/n_one_staff.asp?id=11) : 4 février 2013.

<sup>1170</sup> Rappelons que les techniques de simulation sont utilisées quand on ne dispose pas pour le phénomène à modéliser de solutions analytiques ou lorsque celles-ci sont très consommatrices en temps de calcul.

<sup>1171</sup> H. Mahmassani et al., *Development and Testing of Dynamic Traffic Assignment and Simulation Procedures for ATIS/ATMS Applications*, op. cit., p. 8.

<sup>1172</sup> *Ibid.*, p. 10.

executed on-line in quasi real-time to support the functions of the system controller in the ATIS/ATMS”<sup>1173</sup>. Les premiers résultats semblent être, en effet, encourageants. Mis en œuvre sur deux plate-formes informatiques : le « CRAY YMP » superordinateur<sup>1174</sup> et une station de travail SUN SPARC II, DYNASMART est testé sur deux réseaux réels, le centre-ville d’Austin, composé de 660 nœuds et de 1750 arcs, et le réseau d’« Anaheim City » comprenant quant à lui 430 nœuds et 930 arcs. Comme, on le voit, il s’agit de réseaux de petite taille. Le temps d’exécution du programme est jugé alors acceptables.

Le face-à-face entre DynaMIT et DYNASMART, sous le regard tutélaire des chercheurs du « Oak Ridge National Laboratory », va mobiliser une armée d’étudiants en master et en thèse à la fois à Cambridge (Mass.), dans le Texas et dans le Maryland, où Mahmassani enseigne entre 2002 et 2007, avant d’arriver à la « Northwestern University ». Mentionnons par exemple les noms des Kazi Iftekhar Ahmed<sup>1175</sup>, John Alan Bottom, qui dialogue dans sa thèse avec TRANSIMS<sup>1176</sup>, Constantinos Antoniou<sup>1177</sup> et Ramachandran Balakrishna<sup>1178</sup>, pour l’équipe de Ben Akiva<sup>1179</sup>. Ceux de Yaser Hawas<sup>1180</sup>, Yi-Chang Chiu<sup>1181</sup>, Xuesong Zhou<sup>1182</sup>, Nhan H. Huynh<sup>1183</sup>, Akmal Saad Abdelfatah<sup>1184</sup>, Khaled F. et Ahmed F.

---

<sup>1173</sup> *Ibid.*, p. 4.

<sup>1174</sup> Mahmassani et ses collaborateurs avaient déjà utilisé ce supercalculateur (CRAY X-MP/24) : Hani S. Mahmassani, R. Jayakrishnan et Robert Herman, « Microscopic Simulation of Traffic in Networks : Supercomputer Experience », *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 4, n° 1, 1990, p. 1-19.

<sup>1175</sup> Kazi Iftekhar Ahmed, *Modeling Drivers’ Acceleration and Lane Changing Behavior*, Ph.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1999.

<sup>1176</sup> Jon Alan Bottom, *Consistent Anticipatory Route Guidance*, Ph.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, septembre 2000.

<sup>1177</sup> Constantinos Antoniou, *On-line Calibration for Dynamic Traffic Assignment*, Ph.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, septembre 2004. Sur Antoniou, actuellement enseignant à l’Université nationale technique d’Athènes, voir son CV :

[http://users.ntua.gr/antoniou/antoniou\\_cv\\_eu-format\\_en5.pdf](http://users.ntua.gr/antoniou/antoniou_cv_eu-format_en5.pdf) (5 février 2013).

<sup>1178</sup> Ramachandran Balakrishna, *Off-line Calibration of Dynamic Traffic Assignment Models*, Ph.D. dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 2006.

<sup>1179</sup> Pour l’équipe, et la structure, du DynaMIT au seuil des années 2000, voir : Moshe Ben-Akiva, Michel Bierlaire, Didier Burton, Haris N. Koutsopoulos, Rabi Mishalani, “Network State Estimation and Prediction for Real-Time Traffic Management”, *Networks and Spatial Economics*, vol. 1, 2001, p. 293-318.

<sup>1180</sup> Yaser (El-Sayed) Hawas, *A Decentralized Architecture and Local Search Procedures for Real-Time Route Guidance in Congested Vehicular Traffic Networks*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 1996.

<sup>1181</sup> Yi-Chang Chiu, *Generalized Real-time Route Guidance Strategies in Urban Networks*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 2002; sur l’auteur, voir : <http://civil.arizona.edu/yi-chang-chiu> (2 février 2013).

<sup>1182</sup> Xuesong Zhou, *Dynamic Origin-Destination demand Estimation and Prediction for Off-line and On-line Dynamic Traffic Assignment Operation*, Ph.D. dissertation, University of Maryland, 2004.

Abdelghany<sup>1185</sup> pour DYNASMART<sup>1186</sup>. Les rapports se multiplient, les versions successives de DynaMIT et de DYNASMART également. Chaque équipe va produire deux variantes de sa modélisation : une susceptible d'être utilisée en temps réel pour la gestion de réseaux (DynaMIT-R et DYNASMART-X respectivement), et une autre version « off-line » cette fois, que les responsables des réseaux peuvent utiliser en temps différé à des fins de planification (DynaMIT-P et DYNASMART-P, respectivement). En 2004, les responsables du « Oak Ridge National Laboratory » chargés de gérer le programme fédéral sur l'affectation dynamique et les Systèmes de Transport Intelligents peuvent annoncer que les quatre produits ont été développés et testés avec succès<sup>1187</sup>.

C'est DYNASMART qui va sortir gagnant de la compétition. Après une série de développements et tests supplémentaires, DYNASMART-P (version 1.3.0), pouvant être exécuté sur un système d'exploitation Windows, est disponible au public des modélisateurs professionnels depuis février 2007 par l'intermédiaire du « Center for Microcomputers in Transportation » (McTRrans<sup>TM</sup>), fondé en mai 1986 par la « Federal Highway Administration » (FHWA)<sup>1188</sup>. Par rapport aux prix pratiqués sur le marché des logiciels dans

---

<sup>1183</sup> Nhan H. Huynh, *Development of a Graphical User Interface Framework for DYNASMART-X Real-Time Dynamic Traffic-Assignment System*, Master Thesis, University of Texas at Austin, 1999. Huynh a soutenu une thèse sur un tout autre sujet en 2005, après le départ de Mahmassani de l'University of Texas (en 2002).

<sup>1184</sup> Akmal Saad Abdelfatah, *Time-Dependent Signal Control and System Optimal Traffic Assignment in Congested Vehicular Traffic Networks*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 1999.

<sup>1185</sup> Khaled F. Abdelghany, *Stochastic Dynamic Traffic Assignment for Intermodal Transportation Networks with Consistent Information Supply Strategies*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 2001; Ahmed F Abdelghany, *Dynamic Micro-assignment of Travel Demand with Activity/Trip Chains*, Ph.D. dissertation, University of Texas at Austin, 2001.

<sup>1186</sup> Nous pouvons trouver les noms d'autres collaborateurs pour le projet (jusqu'en 2001) dans l'article de synthèse de Hani S. Mahmassani, « Dynamic Network Traffic Assignment and Simulation Methodology for Advanced System Management Applications », *Network and Spatial Economics*, vol. 1, 2001, p. 267-92 (p. 290-291).

<sup>1187</sup> Edmond Chin-Ping Chan, « Improving Traffic Estimation and Prediction through Dynamic Traffic Assignment Development », *op. cit.* Pour une chronologie plus fine de l'évolution du programme supervisé par « Oak Ridge National Laboratory » voir : les rapports produits par l'équipe de Mahmassani, inventorié dans le CV de l'auteur ([http://www.mccormick.northwestern.edu/docs/public\\_cv/Mahmassani-Hani-CV.pdf](http://www.mccormick.northwestern.edu/docs/public_cv/Mahmassani-Hani-CV.pdf) : 13 mars 2013). Du côté de l'équipe de Ben-Akiva au MIT, on peut consulter, entre autres, les références dans : Ramachandran Balakrishna, *Calibration of the Demand Simulator in a Dynamic Traffic Assignment System*, Master thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, juin 2002 ; les différents rapports intitulés « Research Projects Status Summary », publiés pour chaque année (fiscale) par la « Federal Highway Administration » (disponibles, à côté d'autres publications) sur le site :

<http://www.fhwa.dot.gov/research/publications/technical/Administration>).

<sup>1188</sup> Sur l'état du DYNASMART-X, voir le rapport récent des : Hani S. Mahmassani, Jing Dong, Jiwon Kim, Roger B. Chen et Byungkya (Brian) Park, *Incorporating Weather Impacts in Traffic Estimation and Prediction Systems*, Report for Federal Highway Administration, McLean, VA, septembre 2009

(<http://ntl.bts.gov/lib/31000/31400/3141> : 18 mars 2013).



le domaine de la planification de transports, DYNASMART-P, maintenu et développé maintenant par le « FHWA DYNASMART-P support team », est un produit bon marché, qu'on peut acheter au prix de 1750 dollars, auxquels on doit ajouter 1000 dollars si on souhaite recevoir une aide limitée de la part du McTRrans<sup>1189</sup>. Un an après sa sortie sur le marché, en mars 2008, on comptait huit applications du produit, six pour des Etats fédérés et deux pour des agences urbaines de planification des transports<sup>1190</sup>, alors qu'un programme de promotion du DYNASMART-P, par l'intermédiaire d'ateliers de travail, accompagnait les débuts de sa carrière professionnelle<sup>1191</sup>. En 2012, DYNASMART traversait l'Atlantique pour être utilisé dans une étude en Hollande<sup>1192</sup>.

Si DynaMIT a été le perdant dans cette compétition fédérale, il n'a pas disparu pour autant de la scène de la modélisation. Ben-Akiva et ses collaborateurs continuent à travailler sur les questions qui ont donné naissance à DynaMIT<sup>1193</sup> et continuent à développer ce dernier, qui est testé déjà sur plusieurs sites à travers le monde<sup>1194</sup>. Le logiciel en est aujourd'hui à sa version DynaMIT 2.0, et on dispose aussi d'une variante DynaMIT-MPI qui utilise une « distributed memory architecture »<sup>1195</sup>. Mais DynaMIT, et MITSIMLab<sup>1196</sup> par ailleurs, vont

---

<sup>1189</sup> <http://mctrans.ce.ufl.edu/featured/dynasmart/> (5 février 2013).

<sup>1190</sup> <http://www.fhwa.dot.gov/research/deployment/dynasmart.cfm> (5 février 2013).

<sup>1191</sup> <http://www.fhwa.dot.gov/research/tfhrc/projects/projectsdb/projectdetails.cfm?projectId=FHWA-PROJ-07-0032> (5 février 2013).

<sup>1192</sup> M.T.A. (Mark) Roelofsen, *Dynamic Modelling of Traffic Management Scenarios Using Dynasmart*, Master thesis, Civil Engineering & Management, University of Twente, The Netherlands, 25 mai 2012.

<sup>1193</sup> Pour un article tout récent, voir : Caspar G. Chorus, Joan L. Walker et Moshe Ben-Akiva, « A Joint Model of Travel Information Acquisition and Response to Received Messages », *Transportation Research Part C*, vol. 26, 2013, p. 61-77.

<sup>1194</sup> Voir par exemple : Byungkyu (Brian) Park, Brian L. Smith ; Joyoung Lee, Devi Pampati (University of Virginia), Moshe Ben-Akiva et Ramachandran Balakrishnan (MIT), *Evaluation of DynaMIT – A Prototype Traffic Estimation and Prediction System*, Charlottesville (VA), Center for Transportation Studies, University of Virginia, juin 2006. On trouve des références sur les applications du DynaMIT et une comparaison de celui-ci avec DYNASMART-X dans : Hani S. Mahmassani et al., *Incorporating Weather Impacts in Traffic Estimation and Prediction Systems*, op. cit.

<sup>1195</sup> On peut lire deux textes récents sur DynaMIT : Martin Milkovits, Eric Huang, Constantinos Antoniou, Moshe Ben-Akiva et Jorge Alves Lopes, «DynaMIT 2.0: The Next Generation Real Dynamic Traffic Assignment System», *Proceedings of the 2010 Second International Conference on Advances in System Simulation*, Nice, France, 2010, p. 45-51; Moshe Ben-Akiva, Haris N. Koutsopoulos, Constantinos Antoniou, et Ramachandran Balakrishna, « Traffic Simulation with DynaMIT », dans Jaume Barcelò (éd.), *Fundamentals of Traffic Simulation*, New York, Springer, 2010, p. 363-98. On peut consulter aussi le site dédié au DynaMIT : <http://web.mit.edu/its/dynamit.html> (5 février 2013).

<sup>1196</sup> Sur l'état de MITSIMLab, ses applications y compris, aujourd'hui, voir l'article récent de Moshe Ben-Akiva, Haris N. Koutsopoulos, Tomer Toledo, Qi Yang, Charisma F. Choudhury, Constantinos Antoniou, and Ramachandran Balakrishna, « Traffic Simulation with MITSIMLab », dans J. Barcelò (éd.), *Fundamentals of Traffic Simulation*, op. cit., p. 233-268.

connaître une vie en dehors du MIT, même si ce sera de façon un peu oblique. Plusieurs membres de l'équipe réunie autour de Ben-Akiva dans le cadre du projet DynaMIT vont en effet quitter l'établissement où ils ont effectué leur travail doctoral, mais pas la région de Boston pour autant, pour atterrir chez « Caliper », une des firmes productrices de logiciels en matière de déplacements urbains les plus importantes au niveau mondial. C'est le cas notamment du créateur principal du MITSIMLab, Qi Yang qui, peu après sa thèse, est embauché par la firme bostonienne pour laquelle il travaille toujours à la fin des années 2000<sup>1197</sup>. Et il en va de même pour Ramachandran Balakrishna<sup>1198</sup> et de Song Gao, une autre élève de Ben-Akiva qui va passer plusieurs années à « Caliper » avant de regagner le monde académique<sup>1199</sup>. Les versions actuelles de deux logiciels phares de « Caliper », à savoir TransCAD et TransModeler<sup>1200</sup>, proposant aux praticiens des modèles d'affectation dynamique – et de microsimulation du trafic dans le cas de TransModeler –, doivent beaucoup au travail, passé et récent, de ces transfuges du MIT<sup>1201</sup>.

Le même phénomène de transfert des connaissances élaborées d'abord dans un cadre académique vers le secteur privé, que nous venons d'observer avec les multiples connexions entre le MIT et « Caliper », va se répéter à plusieurs reprises dans le domaine de la modélisation d'affectation dynamique dans les années 2000, à commencer par le cas du rival du DynaMIT, DYNASMART.

Travaillant avec un certain S. Lee, et s'appuyant sur les travaux de Daganzo<sup>1202</sup> – qui avait proposé une « discrétisation » du modèle hydrodynamique classique du trafic –, Athanasios

---

<sup>1197</sup> Voir Qi Yang et al., “Simulation Laboratory for Evaluating Dynamic Traffic Management Systems”, *op. cit.*, p. 122 ; M. Ben-Akiva et al., « Traffic Simulation with MITSIMLab », *op. cit.*, p. 233.

<sup>1198</sup> Voir le site de l'auteur : [http://web.mit.edu/rama/www/rama\\_pubs.htm](http://web.mit.edu/rama/www/rama_pubs.htm) (5 février 2013).

<sup>1199</sup> Song Gao, *Optimal Adaptive Routing and Traffic Assignment in Stochastic Time-Dependant Networks*, Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, février 2005. Sur l'auteur(e), voir son site : <http://cee.umass.edu/faculty/song-gao> (28 février 2013).

<sup>1200</sup> Sur TransCAD (12 000 dollars pour une licence standard): <http://www.caliper.com/TCTravelDemand.htm> ; sur TransModeler (9 995 dollars pour la licence de la première copie), voir : <http://www.caliper.com/transmodeler/Simulation.htm>).

<sup>1201</sup> Voir : J. Barcelò (éd.), *Fundamentals of Traffic Simulation*, *op. cit.*, p. xvii, et p. 235; R. Balakrishna, R. Morgan, H. Slavin et Qi Yang, “Large-scale Simulation Tools for Transportation Planning and Traffic Operations Management”, *Proceedings of 14<sup>th</sup> International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2011, p. 230-35.

<sup>1202</sup> Carlos F. Daganzo, “The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory”, *Transportation Research Part B*, vol. 28B, n° 4, 1994, p. 269-287.

Ziliaskopoulos, un ancien élève et collaborateur de Mahmassani (*supra*), développe au milieu des années 1990 un simulateur de trafic appelé « RouteSim »<sup>1203</sup>, qui va remplacer le module correspondant de DYNASMART. Parallèlement, Ziliaskopoulos et ses collaborateurs à la « Northwestern University » apportent une série d'autres modifications à DYNASMART pour renforcer sa capacité de gérer de grandes bases de données. Le résultat final de leurs efforts est un « Internet-based GIS [Geographic Information System] that aims to integrate spatio-temporal data and models for a wide range of transport applications: planning, engineering and operational. The GIS Graphic User Interface (GUI) is built in JAVA, so that it can be used over the Internet (or any other large network). (...) A number of models have been coded in the same framework and can be accessed via the GIS'GUI in a client server setting. The models can be remotely accessed via the GIS and run in a distributed environment (...). The implemented models include traditional signal control and analysis tool, planning models as well as newer dynamic traffic assignment (DTA) and routing algorithms »<sup>1204</sup>. Appelé par ses concepteurs VISTA (« Visual Interactive System for Transportation Algorithms »), ce produit original – rappelons que le client n'a plus besoin d'installer des logiciels sur ses ordinateurs individuels – donnera son nom à une firme : « VISTA Transport Group » (VTG Inc.). Créée en avril 2004, faisant figurer parmi ses membres plusieurs universitaires – outre Ziliaskopoulos, mentionnons Kyriakos Mouskos, professeur à la « City University of New York »<sup>1205</sup> et S. Travis Waller, actuellement Professeur à UNSW (Sydney)<sup>1206</sup> –, la firme est localisée dans la ville d'Evanston (Illinois), près de la « Northwestern University » où le produit est né<sup>1207</sup>. Acteur nouveau sur le marché des logiciels relatifs à la planification et à la gestion des systèmes de transports, VISTA connaît déjà quelques applications à Columbus (Ohio), dans l'Alabama et les régions métropolitaines de Dallas-Fort Worth (Texas), Chicago, Atlanta, Birmingham, Saarbrücken (Allemagne) et Bologne (Italie). Il fait désormais partie du paysage des logiciels relatifs à l'affectation dynamique des réseaux urbains des transports<sup>1208</sup>.

---

<sup>1203</sup> Pour une description du « RouteSim », voir : A.K. Ziliaskopoulos, S.T. Waller, Y.Li et M. Byram, « Large-Scale Dynamic Traffic Assignments: Implementation Issues and Computational Analysis », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 130, n° 5, 2004, p. 585-593.

<sup>1204</sup> Athanasios K. Ziliaskopoulos et S. Travis Waller, « An Internet-based Geographic Information System that Integrates Data, Models and Users for Transportation Applications », *Transportation Research Part C*, vol. 8, 2000, p. 427-444 (p. 428-429).

<sup>1205</sup> <http://www.utrc2.org/people/dr-kyriacos-mouskos> (8 février 2013).

<sup>1206</sup> <http://traviswaller.me/> (8 février 2013).

<sup>1207</sup> <http://vistatransport.com/> (7 février 2013).

<sup>1208</sup> Voir: Mohammed Hadi, Halit Ozen, Shaghayegh Shabaniyan, Yan Xiao, Wei Zhao, Frederick W. Ducca, Jim Fennessy, *Use of Dynamic Traffic Assignment in FSUTMS in Support of Transportation Planning in Florida*, Final Report, Prepared for the Florida Department of Transportation, Miami (Fl.), juin 2012.

Un autre logiciel d'affectation dynamique qui entretient des rapports étroits avec DYNASMART est DynusT (« Dynamic Urban Systems for Transportation »), conçu par Yi-Chang Chiu, un ancien doctorant de Mahmassani (*supra*) et actuellement « Associate Professor » au « Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics » à l'« University of Arizona »<sup>1209</sup>. Comme DYNASMART, DynusT bénéficie du soutien de la « Federal Highway Administration » (FHWA), mais contrairement à celui-ci, il est devenu récemment (2011) un logiciel libre<sup>1210</sup>. Chiu a commencé à travailler sur DynusT en 2002, et entre 2005 et 2010, le logiciel avait été utilisé et testé sur une vingtaine de régions aux Etats-Unis, alors que ses utilisateurs – agences urbaines de planification des transports, firmes privées et universités/centres de recherche – avoisinaient la cinquantaine. Ces dernières années, suite à des améliorations sensibles – il paraît que la version DynusT/2012 est trois à quatre fois plus rapide que la version 2011 – le produit semble faire une percée puisque d'après la communauté impliquée dans son développement, DynusT a plus de 250 utilisateurs à travers le monde, et qu'un an après sa transformation en logiciel libre on compterait plus de mille téléchargements<sup>1211</sup>.

Une entreprise qui a construit en grande partie sa réputation sur son savoir faire en matière d'affectation statique était en quelque sorte prédestinée à joindre tôt ou tard le club des acteurs de l'affectation dynamique. Nous nous référons bien sûr à INRO, la firme canadienne fondée par Michael Florian de l'université de Montréal (ch. 4). Les algorithmes relatifs à l'affectation statique incorporés dans le produit de la firme EMMÉ trouvaient leur origine dans la recherche académique. Il en va de même pour le logiciel d'affectation dynamique de l'INRO, appelé Dynameque (« DYNAmique EQUilbrium »)<sup>1212</sup>. Dans la seconde moitié des années

---

<sup>1209</sup> Sur l'auteur : <http://civil.arizona.edu/yi-chang-chiu> (2 février 2013);

[http://dynust.net/index.php?option=com\\_contact&view=contact&id=1%3Ayi-chang-chiu&catid=12%3Acontacts&Itemid=3](http://dynust.net/index.php?option=com_contact&view=contact&id=1%3Ayi-chang-chiu&catid=12%3Acontacts&Itemid=3) (2 février 2013).

<sup>1210</sup> Sur DynusT voir le (très riche) site : <http://dynust.net/> (7 février 2013). Voir aussi Yi-Chang Chiu, Eric Pihl et Nick Renna, *DynusT: A Simulation Based Dynamic Traffic Assignment Model for Corridor/Regional Operational Planning Analysis*, Lansing, Michigan, 11 août 2010. Sauf mention explicite les informations relatives au DynusT sont tirées du site et de ce document. Voir aussi Yi-Chang Chiu, Liang Zhou et Houbing Song, « Development and Calibration of the Anisotropic Mesoscopic Simulation Model for Uninterrupted Flow Facilities », *Transportation Research Part B*, vol. 44, n° 1, 2010, p. 152-174.

<sup>1211</sup> Mohammed Hadi, et al., *Use of Dynamic Traffic Assignment in FSUTMS in Support of Transportation Planning in Florida*, *op. cit.*, p. 25-26.

<sup>1212</sup> Pour une présentation récente qui contient aussi une bibliographie, voir : Micahel Mahut et Michael Florian, « Traffic Simulation with Dynameque », dans J. Barcelò (éd.), *Fundamentals of Traffic Simulation*, *op. cit.*, p. 323-361. On peut aussi visiter le (très riche) site de la compagnie :

1990, Florian va lancer, par l'intermédiaire du « Département d'informatique et de recherche opérationnelle » de l'université de Montréal dont il est membre, plusieurs thèses en master et en doctorat sur les différents aspects de l'affectation dynamique<sup>1213</sup>. C'est la thèse de Michael Mahut, soutenue en 2000<sup>1214</sup>, qui va s'avérer la bonne, en proposant un modèle dynamique de chargement du réseau qui ressemble aux modèles du trafic basés, à l'instar du TRANSIMS, sur la logique de « Cellular Automata » (CA) – mais contrairement aux « CA », dans le modèle proposé par Mahut, le temps est une quantité continue et non discrète. Embauché par INRO, Mahut va continuer ses recherches en tant que leader d'un groupe travaillant au sein de la compagnie sur la question de l'affectation dynamique, et en 2004, un collectif de l'INRO présente, à la rencontre annuelle du « Transportation Research Board » pour l'année 2004, les résultats de leurs efforts, testés sur la ville de Calgary (Alberta, Canada)<sup>1215</sup>. Dynameq est sorti en mars 2006<sup>1216</sup>, et au début des années 2010, est utilisé par plusieurs villes à travers le monde, dont Montréal, Sydney, Portland, San Francisco, Seattle et Malmö<sup>1217</sup>.

Notre tableau de modèles et logiciels relatifs à l'affectation dynamique en Amérique du nord aujourd'hui serait incomplet si on ne mentionnait pas trois autres produits. Le premier vient, comme Dynameq, du Canada. Nommé INTEGRATION, il doit également beaucoup à la recherche académique, aux travaux de Samuel Yagar, l'un des pionniers de l'affectation dynamique dans les années 1970 (*supra*) et, surtout, aux efforts de son élève Michel van

---

<http://www.inrosoft.com/en/products/dynameq/index.php> (7 février 2013).

<sup>1213</sup> Pour une liste de ces thèses, voir Michael Florian, « Models and Software for Urban and Regional Transportation Planning : The Contributions of the Center for Research on Transportation », *INFOR*, vol. 46, n° 1, 2008, p. 29-50, p. 43. Sur ces travaux de thèse voir : V. Astarita, K. Er-Rafia, M. Florian, M. Mahut et S. Velan, « Comparison of three Methods for Dynamic Network Loading », *Transportation Research Record*, n° 1771, 2001, p. 179-190.

<sup>1214</sup> Michael Mahut, *A Discrete Flow Model for Dynamic Network Loading*, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, août 2000. L'auteur était déjà un « spécialiste » de l'affectation statique avec sa thèse de Master : Micahel Mahut, *A Parametric Analysis of Arterial Travel Time*, Master thesis, Graduate Department of Civil Engineering, University of Toronto, 1996. Michael Mahut a aimablement mis ses connaissances au sujet de l'affectation dynamique au service de ce travail lors d'un entretien avec l'auteur de ce rapport à Montréal en juin 2011.

<sup>1215</sup> Micahel Mahut, Micahel Florian, Nicolas Tremblay, Mark Campbell, David Patman et Zorana Krnic Mcdaniel, « Calibration and Application of a Simulation-Based Dynamic Traffic Assignment Model », *Transportation Research Record*, n° 1876, 2004, p. 101-111; Michael Mahut, Michael Florian et Nicolas Tremblay, « Evaluation of a Simulation-Based Dynamic Traffic Assignment Model in Off-line Use », *Proceedings of 2004 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, Washington, D.C., USA, October 3-6, 2004, p. 1028-1032 (le modèle est testé sur la ville de Stockholm).

<sup>1216</sup> Michael Florian, « Models and Software for Urban and Regional Transportation Planning, *op. cit.*, p. 45.

<sup>1217</sup> Voir : INRO, *Wide-area Traffic Simulation: Selected Dynameq applications*, Toronto, 11 décembre 2012 ([http://www.inrosoft.com/en/pres\\_pap/ontario/ont2012/Dynameq\\_selected%20applications-OntarioUGM.pdf](http://www.inrosoft.com/en/pres_pap/ontario/ont2012/Dynameq_selected%20applications-OntarioUGM.pdf) : 7 février 2013).

Aerde, disparu en 1999. Celui-ci a commencé à travailler sur INTEGRATION pendant sa thèse de doctorat, soutenue en 1985, à l'« University of Waterloo », et n'a cessé de le faire évoluer jusqu'à sa mort, en s'inspirant, pour les développements les plus récents, des travaux menés par Mahmassani, Ben-Akiva et leurs équipes ainsi que ceux réalisés par les concepteurs du TRANSIMS, d'après les propres dires de l'auteur<sup>1218</sup>. Comme INRO, un autre mastodonte en matière de logiciels relatifs à la modélisation des déplacements urbains, « Citilabs » propose, depuis le milieu des années 2000, un logiciel d'affectation dynamique du nom de « Cube Avenue »<sup>1219</sup>. N'oublions pas, enfin, que des parties du TRANSIMS peuvent faire office de modèle d'affectation dynamique<sup>1220</sup>, comme des applications récentes à Chicago (pour la modélisation d'un plan d'évacuation de la ville), à la Nouvelle Orléans (évacuation), à Atlanta et dans la Moreno Valley (Californie), en témoignent<sup>1221</sup>.

Ce qui précède montre amplement que la question de l'affectation dynamique (« Dynamique Traffic Assignment » (DTA)) mobilise aujourd'hui un nombre croissant de membres de la communauté de la modélisation nord-américaine. Rien d'étonnant donc à ce que le «Transportation Research Board» (TRB) publie en juin 2011 un « Primer » sur la question, dont les « main goals (...) is not to set the standard for DTA, but to present and depict the concept of DTA as defined by literature, to discuss general modeling issues and to present, with respect to adoption of DTA, decision-making considerations for both novice and

---

<sup>1218</sup> *INTEGRATION Release 2.30 for Windows: User's Guide – Volume I: “Fundamental Model Features”*, M.Van Aerde & Assoc., Ltd. 1984-2010, février 2010, “Acknowledgements”, p. vi. Les remerciements (p. vi-viii), écrits par Michel Van Aerde deux ans avant sa mort (juillet 1997) contiennent des informations précieuses sur l'évolution du modèle. Sur INTEGRATION, outre le manuel cité, on peut consulter : Michel Van Aerde et Sam Yagar, « Dynamic Integrated Freeway/Traffic Signal Networks : A Routing-Based Modelling Approach », *Transportation Research Part A*, vol. 22A, n° 6, 1988, p. 445-453; Michel Van Aerde et Sam Yagar, “Dynamic Integrated Freeway/Traffic Signal Networks: Problems and Proposed Solutions”, *Transportation Research Part A*, vol. 22A, n° 6, 1988, p. 435-443.

<sup>1219</sup> <http://www.citilabs.com/products/cube/cube-avenue> (8 février 2013); *The Urban Transportation Monitor*, septembre 15, 2006, p. 13. Sur Cube Avenue et quelques applications récentes à Atlanta et à Floride, voir M. Hadi et al., *Use of Dynamic Traffic Assignment in FSUTMS in Support of Transportation Planning in Florida*, op. cit., p. 30-31, p. 46-49.

<sup>1220</sup> Marcus Rickert et Kai Nagel, “Dynamic Traffic Assignment on Parallel Computers in TRANSIMS », *Future Generation Computer Systems*, vol. 17, 2001, p. 637-648.

<sup>1221</sup> M. Hadi et al., *Use of Dynamic Traffic Assignment in FSUTMS in Support of Transportation Planning in Florida*, op. cit., p. 45-46, p. 48-49, p. 51-54.

experience transportation modeling practitioners »<sup>1222</sup>. Ouvrage collectif, il est signé par des noms que le lecteur a souvent croisés dans ce chapitre, comme Yi-Chang Chiu (DynusT), Michael Mahut (Dynamique), Ramachandran Balakrishna (DynaMIT) ou Travis Waller (VISTA). Rien d'étonnant non plus à ce que la dernière édition (2012) du manuel du TRB sur la modélisation des déplacements urbains, adressé à des professionnels, consacre plusieurs passages à des questions relatives à l'affectation dynamique<sup>1223</sup>, alors que l'édition précédente du document, datée du 1998, ignorait complètement le sujet<sup>1224</sup>. Va-t-on assister à une alliance prochaine entre la modélisation basée sur les activités – qui ambitionne de remplacer les trois premières étapes de la modélisation à quatre étapes – et l'affectation dynamique – qui contient comme cas-limite l'affectation statique, à savoir la dernière étape du modèle à quatre étapes – ? Certains y songent et y travaillent déjà<sup>1225</sup>.

---

<sup>1222</sup> Yi-Chang Chiu, Jon Bottom, Michael Mahut, Alex Paz, Ramachandran Balakrishna, Travis Waller et Jim Hicks, *Dynamic Traffic Assignment: A Primer*, Transportation Research Circular E-C153, Washington D.C., Transportation Research Board, juin 2011, p. 48.

<sup>1223</sup> Cambridge Systematics, Vanasse Hangen Brustlin, Inc., Gallop Corporation, Chandra R. Bhat, Shapiro Transportation Consulting, Martin/Alexiou/Bryson (PLIC), *Travel Demand Forecasting: Parameters and Techniques*, NCHRP Report n° 716, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2012, ch. 6.

<sup>1224</sup> William A. Martin et Nancy A. McGuckin (Barton-Aschman Associates, Inc.), *Travel Estimation Techniques for Urban Planning*, NCHRP Report n° 365, Washington, D.C., Transportation Research Board, 1998. L'affectation dynamique est abordée en revanche dans un rapport consacré à des méthodes avancées dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains : R. Donnelly et al., *Advanced Practices in Travel Forecasting. A Synthesis of Highway Practice*, op. cit., p. 16-17.

<sup>1225</sup> Voir les références dans Cambridge Systematics et al., *Travel Demand Forecasting: Parameters and Techniques*, op. cit., p. 98.





## **DEUXIEME PARTIE**

### **Le cas francais**



## SECTION IV

### **D'une modélisation sous l'égide de l'Etat à la domination progressive du champ par le secteur privé (des années 1950 à nos jours)**

« Choix modal », « enquête origine-destination », « génération des déplacements », « lignes de désir », « ligne écran »... Le lecteur des chapitres précédents reconnaîtra facilement, derrière chacune de ces expressions de la langue française, leur équivalent anglais dont elles sont l'adaptation, et très souvent la traduction littérale (ce qui fait perdre parfois au terme rendu en français la « transparence » et la proximité avec le vocabulaire courant qu'il a en anglais<sup>1226</sup>).

Si des termes américains atterrissent en France, c'est que les pratiques dont ils parlent doivent être aussi présents dans l'Hexagone. Nettement moins motorisée que les Etats-Unis, la France commence, en effet, à s'intéresser sérieusement à la question de la modélisation des déplacements urbains dans les années 1950. Des ingénieurs d'Etat, appartenant pour l'essentiel au corps des ponts et chaussées, se rendent alors aux Etats-Unis, parfois pour des séjours assez longs au sein d'institutions universitaires ; ils participent également à des forums internationaux où l'on parle de transports en général et de modélisation des déplacements urbains en particulier. Ce sont ces ingénieurs qui organisent en grande partie l'acclimatation de la modélisation américaine sur le sol français. Durant les années 1960 et le début de la décennie suivante, les ingénieurs de l'administration produisent directement plusieurs modèles sur les « gros » ordinateurs de l'époque. Parallèlement, ils sollicitent des bureaux d'études français, certains privés, d'autres publics ou parapublics, qui pratiquent activement aussi la modélisation des déplacements urbains. Cette activité intense de modélisation, certes largement inspirée par ce qui se fait outre-Atlantique mais qui a aussi une « French touch », et qui débouche sur une modélisation nationale, s'arrête vers le milieu des années 1970. L'administration choisit alors parmi les « produits » disponibles sur le marché de la modélisation un nombre réduit de modèles. « Standardisés », ces modèles sont diffusés et massivement mis en oeuvre à travers le territoire national, grâce notamment aux services déconcentrés du ministère de l'Equipement. Importation des savoir faire américains, création d'une science nationale, normalisation de celle-ci : voici les trois grands moments qui

---

<sup>1226</sup> C'est le cas, nous semble-t-il, avec l'expression « ligne écran », qui nécessite un commentaire pour qu'on puisse saisir sa signification, alors que le terme anglais de « screen line » parle plus directement au non spécialiste, le mot : « screen » étant utilisé dans des contextes non techniques pour évoquer des questions de contrôle et de test.

structurent la trajectoire de la modélisation des déplacements urbains dans la France des années 1950-1980, objet du premier chapitre de la section IV.

Comparée à la période précédente, celle qui va des années 1980 à nos jours recèle plusieurs caractéristiques originales. Tout d'abord, l'administration se retire de plus en plus du champ, en se contentant pendant longtemps d'actualiser les données sur la mobilité des ménages et de gérer au quotidien les modèles du passé – en les adaptant, par exemple, aux nouveaux supports informatiques. Ce retrait de la puissance publique entraîne une montée en puissance du secteur privé, qui devient ainsi le vecteur principal du changement dans les pratiques de modélisation des déplacements urbains à partir des années 1980. Dans ce mouvement, le rôle des bureaux d'études d'origine étrangère et des firmes productrices de logiciels originaires des pays autres que la France s'avère décisif. Le second chapitre de la section, et le dernier du document, est consacré à cette domination progressive du champ français de la modélisation des déplacements urbains par le secteur privé, souvent d'origine étrangère, que l'intensification récente de la recherche publique et ses retombées opérationnelles ne semblent pas avoir ébranlé pour le moment.

## CHAPITRE 9

### De l'importation des savoirs américains à la création d'une expertise nationale (1950-1980)

En 1953, 20% seulement des ménages français étaient équipés d'au moins une voiture; en 1960, ce pourcentage avait atteint 30%. Mais durant cette décennie, le mouvement se précipite : on atteint 40% en 1964, 50% en 1967, 62% en janvier 1973. A cette dernière date, 9% des ménages possèdent même deux voitures. Toujours en 1973, les déplacements en voitures particulières représentent 330 milliards de voyageurs-kilomètres, non compris les kilomètres parcourus par les voitures étrangères. Cela représente quatre fois plus que les déplacements par transports collectifs<sup>1227</sup>.

De même que l'accroissement du nombre des voitures aux Etats-Unis a-t-il fini par engendrer une modélisation des déplacements urbains afin de dimensionner correctement des infrastructures capables d'écouler avec célérité et sécurité les flux croissant du trafic, de même aussi les ingénieurs français, face à la banalisation croissante de la voiture, voire en *anticipation* de celle-ci<sup>1228</sup>, vont-ils faire siens la voie de la modélisation. Mais le premier acte de la modélisation nationale va se jouer sur le sol américain.

Entre la fin des années 1940 et la décennie suivante, quelque 4500 "missionnaires", agents d'Etat français mais aussi membres de la "société civile", ont fait leur pèlerinage aux Etats-Unis afin de découvrir les secrets de la réussite économique américaine et de les importer en France<sup>1229</sup>. Parmi ces missionnaires, on trouve des ingénieurs routiers, à l'instar de ceux qui, dans le cadre d'une mission organisée conjointement par *l'Association Française pour*

---

<sup>1227</sup> Fernand Braudel et Ernest Labrousse (éd.), *Histoire économique et sociale de la France*, tome IV, vol. 3 : 'Années 1950-1980', Paris, PUF, 1993 (1<sup>re</sup> édition: 1982), p. 1289 et p. 1239.

<sup>1228</sup> Voir, par exemple, le document intitulé : Ministère de l'Équipement et du Logement, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (Agence de l'Est), *Arguments en faveur d'un développement des investissements de voirie rapide en milieu urbain*, 30 octobre 1969.

<sup>1229</sup> Sur les missions de productivité, voir, par exemple : D. Barjot (dir.), *Catching up with America. Productivity Missions and the diffusion of American Economic and technological influence after the Second World War*, Paris, Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, 2002; Richard F. Kuisel, *Seducing the French : the Dilemma of Americanization*, Berkeley, University of California Press, 1993. Sur le rôle des Etats-Unis dans la reconstruction scientifique et technique de l'Europe, voir John Krige, *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2006. Concernant la France cette fois, le lecteur peut aussi lire avec profit l'étude plus monographique de J.-P. Gaudillière, *Inventer la biomédecine. La France, l'Amérique et la production des savoirs du vivant (1945-1965)*, Paris, Editions La Découverte, 2002.

*l'Accroissement de la Productivité* et la Direction des Routes du Ministère des Travaux Publics, se sont rendus aux Etats-Unis en 1951 pour étudier l'expérience américaine en matière de transports<sup>1230</sup>. Le ministère des Travaux publics va continuer à envoyer outre-Atlantique des ingénieurs appartenant au corps des ponts et chaussées (IPC ou *X-ponts*) et au corps des travaux publics de l'Etat (ITPE) tout au long des années 1950 et 1960<sup>1231</sup>. Certains d'entre eux vont effectuer, par ailleurs, des séjours plus longs, en poursuivant, par exemple, des études dans des universités américaines – dont le « Bureau of Highway Traffic » à « Yale University » dans les années 1950 ou la « Northwestern University » au début de la décennie suivante – dans le domaine de la planification des transports, dont la modélisation des déplacements<sup>1232</sup>.

Ces ingénieurs d'Etat qui ont séjourné outre Atlantique se trouvent à l'origine d'une bonne partie des différentes formes de la littérature technique – articles<sup>1233</sup>, livres<sup>1234</sup>, rapports<sup>1235</sup>,

---

<sup>1230</sup> Voir : “ Mission française d'Ingénieurs routiers aux Etats-Unis, octobre-novembre 1951 ”, *Revue générale des routes et des aérodromes* (désormais *RGRA*), n° 252, janvier 1953, p. 21-26.

<sup>1231</sup> Sur les IPC et les ITPE, étudiés sur la longue durée, voir Konstantinos Chatzis et Georges Ribeill, “ L'espace des carrières des ingénieurs de l'Equipement dans le public et le privé (1800-2000) ”, *Revue française d'administration publique*, n° 116, 2005, p. 651-670. Les années 1960 sont étudiées par Jean-Claude Thoenig, *L'ère des technocrates. Le cas des ponts et chaussées*, Paris, L'Harmattan, 1987 (1<sup>re</sup> édition : 1973). Sur les acteurs impliqués dans l'aménagement urbain, voir Viviane Claude, *Faire la ville. Les métiers de l'urbanisme au XXe siècle*, Marseille, Editions Parenthèses, 2006, ch. 3 and 4 pour la période qui nous intéresse ici.

<sup>1232</sup> Sur ces missions et séjours ainsi que sur le contexte dans lequel ils se sont déroulés (préparation de plans successifs par l'Etat français, politiques de l'industrie automobile française...), voir notamment Gabriel Dupuy, *Une technique de planification au service de l'automobile : les modèles de trafic urbain*, Paris, Copedith, 1975, ch. 2 et ch. 3. L'auteur cite, entre autres, les cas des : Joseph Elkouby (IPC, X-1944, séjour au « Bureau of Highway Traffic » à « Yale University » en 1952-53), Serge Goldberg (IPC, X-1948: séjour à Yale en 1955-56) ; Marc Halpern-Herla (IPC, X-1949, séjour à Yale en 1955-57) (*in ibid.*, p. 95). Voir aussi la transcription des entretiens donnés par Christian Gérondeau (X-ponts 1957) et Serge Goldberg à Benoît Facq, *Les fondements statistiques de la science française des déplacements urbains : l'histoire des enquêtes ménages déplacements*, Mémoire de recherche (master “Sciences des sociétés et de leur environnement”), Lyon, Université Lumière Lyon 2 et Institut d'Etudes Politiques de Lyon, année 2005-2006, entretiens n° 7 et n° 12 respectivement (on y lit que le séjour américain de Serge Golderg s'est déroulé en 1956-58). Des informations supplémentaires sur ces missions et séjours peuvent être puisées dans les différents numéros de la *Revue Générale des Routes et des Aérodromes (RGRA)* (voir, par exemple, le n° 285, octobre 1955, p. 37-69, qui présente la mission des Services techniques des Grandes villes de France, effectuée en octobre et novembre 1954).

<sup>1233</sup> Voir, par exemple: J. Elkouby, “ L'évolution des conceptions en matière de circulation routière ”, *RGRA*, n° 279, avril 1955, p. 37-48 ; R. Malcor et F. Ramel, “Circulation et autoroutes urbaines aux Etats-Unis”, *RGRA*, n° 285, octobre 1955, p. 37-56 ; C. Abraham (avant-propos par R. Coquand), « La répartition du trafic entre itinéraires concurrents : réflexions sur le comportement des usagers – application au calcul des péages », *RGRA*, n° 357, 1961, p. 57-76.

<sup>1234</sup> Fédération Routière Internationale, *Circulation et transports dans les zones urbaines*, Levallois-Perret (Seine), Imprimerie Schneider Frères&Mary, mars 1964 (L'introduction de cet ouvrage collectif est assurée par Elkouby et Goldberg. Parmi les auteurs on trouve un autre missionnaire, Halpern-Herla). Voir aussi Christian Gérondeau, *Les Transports Urbains*, Paris, PUF, 1969.

<sup>1235</sup> Service d'Etudes et de Recherches de la Circulation Routière (SERC), *Modèles de trafic. Analyse bibliographique* (texte établi par Barbier, Goldberg, Henry et Marais), note d'information n° 3 ; SERC, *Etudes*

voire traductions, parfois confidentielles, de documents publiés à l'étranger<sup>1236</sup> – en matière de modélisation des déplacements urbains produite en France durant les années 1950 et au début des années 1960. Si par leurs actions, ces ingénieurs constituent des canaux décisifs d'importation en France de ce type de modélisation, ils ne sont pas pour autant les seuls vecteurs à véhiculer ce genre d'expertise – d'abord américaine, de plus en plus internationale par la suite – vers l'Hexagone. En effet, la modélisation des déplacements urbains, de nationalité américaine à sa naissance, va vite se transformer en un objet "transnational" qui circule à travers le monde.

Dès le début des années 1950, on assiste, en effet, à la constitution de plusieurs forums à l'intérieur desquels des savoirs relatifs aux techniques de transports en général, à la modélisation des déplacements urbains en particulier, circulent intensément. Ainsi entre le 16 et le 21 juin 1953, suite à l'initiative de l'*Organisation Mondiale du Tourisme et de l'Automobile*, a eu lieu à La Haye un " Cours International sur la technique moderne de la circulation ", rendez-vous renouvelé l'année suivante, poursuivi ensuite au rythme de deux ans jusqu'à la fin des années 1960 au moins<sup>1237</sup>. D'autres lieux de rencontre et d'échange où le thème de la modélisation des déplacements est abordé ont vu également le jour, tels que la

---

*de Transports Urbains. Analyse des méthodes américaines* (établi à partir d'un rapport de M. Michel Vergé, ingénieur des travaux publics...), note d'information n° 4 (Michel Vergé avait passé un an, en 1962-63, à « Northwestern University »); SERC, *Répartition des déplacements urbains par mode de transport* (texte de Serge Golderg), note d'information n° 8 (toutes ces notes datent de la première moitié des années 1960).

<sup>1236</sup> Citons tout d'abord la traduction, deux ans après son édition originale, du rapport publié par Colin Buchanan (Colin Buchanan et al., *Traffic in towns. A study of the long term problems of traffic in urban areas*, London, HMSO, 1963; trad. française : *L'automobile dans la ville, étude des problèmes à long terme que pose la circulation dans les zones urbaines...*, Paris, Imprimerie Nationale, 1965 (traduction assurée par les services du ministère des Travaux publics et des Transports). Voir aussi: SERC (section Documentation), *Modèle d'Opportunité pour l'Analyse de la Circulation*, juillet 1965 (texte dactylographié disponible à la Bibliothèque du SETRA : il s'agit de la traduction de l'article, devenu classique, de C. Clark and G.H. Peters, "The 'Intervening Opportunities' Method of Traffic Analysis", *Traffic Quarterly*, vol. 19, n° 1, 1965, p. 101-119) ; SERC, *La capacité des routes*, 1968 (traduction du classique : Highway Research Board, *Highway Capacity Manual*, Washington, D.C. : il s'agit selon toute vraisemblance de la 2e édition de l'ouvrage, paru en 1965); SERC, *Comparaison des avantages des autobus et des voitures particulières pour la circulation dans les villes*, 1966 (traduction de l'article signé par R.J. Smeed et J.G. Wardrop, "An exploratory comparison of the advantages of cars and buses for travel in urban areas", *Institute of Transport Journal*, vol. 30, n° 9, 1964, p. 301-315). Les deux dernières traductions figurent dans les références bibliographiques du rapport: Ministère de l'Équipement et du Logement, Ministère des Transports, Commission d'étude des coûts d'infrastructure de Transport, Groupe des Transports urbains, *Sur les coûts et la tarification des transports urbains*, février 1969 (réf.: n° 38 et n° 39).

<sup>1237</sup> Années 1953, 1954, 1956, 1958, 1960, 1962, 1964, 1966, 1968. Voir les comptes rendus détaillés de ces rencontres auxquelles participent plusieurs ingénieurs des ponts et chaussées dans les différentes livraisons de la *RGRA* (n° 260, sept. 1953, p. 31-34, et n° 261, oct. 1953, p. 58-72 pour la première rencontre ; n° 440, février 1969, p. 45-107 pour la 9<sup>e</sup> rencontre en 1968...).

Conférence Européenne des Ministres des Transports (*CEMT*), fondée également en 1953<sup>1238</sup>, ou des groupes de travail *ad hoc* au sein des organismes internationaux comme l'OCDE<sup>1239</sup>.

En même temps qu'elle envoie ses ingénieurs aux Etats-Unis<sup>1240</sup> ou dans les différents lieux transnationaux d'échange et de diffusion de savoirs et de pratiques relatifs à la planification des transports, l'Administration des ponts et chaussées met en place en son sein plusieurs structures particulières, qui vont prendre en charge systématiquement la question de la prévision des déplacements urbains ainsi que son traitement par des pratiques de modélisation. Nous sommes bien à l'époque où l'Etat français abandonne le dogme du "laissez faire" pour se transformer en Etat-planificateur<sup>1241</sup>.

C'est le Service d'Etudes et de Recherches de la Circulation Routière (SERC)<sup>1242</sup>, créé en 1955, qui va jouer du côté de l'Administration dans les années 1960 le rôle principal dans la mise en place d'une expertise française en matière de modélisation des déplacements urbains (c'est dans cette structure que l'on trouvera, par ailleurs, bon nombre d'ingénieurs

---

<sup>1238</sup> Voir, par exemple : Michel Barbier et François Mellet, *Determination of Elasticities of Demand for the Various Means of Urban Passenger Transport*, Report of the Thirteenth Round Table on Transport Economics, European Conference of Ministers of Transport, sans date ; Georges Mercadal, *Contribution à une psychosociologie des comportements urbains. Choix du moyen de transport* (Rapport introductif à une table ronde d'économie du transport de la Conférence Européenne des Ministres des Transports (novembre 1968)), Paris, Publications de Recherches Urbaines, Ministère de l'Équipement et du Logement, 1970 ; A. Bonnafous et B. Gerardin, *La demande de transports de voyageurs en milieu urbain. Méthodologie de l'analyse et de la prévision* (Rapport de la 32<sup>ème</sup> table ronde d'Economie des transports, tenue à Paris, les 4 et 5 décembre 1975), Paris, Conférence Européenne des Ministres des Transports, 1976. Sur la création du CEMT (ECMT: « European Conference of Ministers of Transport »), voir Christian Henrich-Franke, "Mobility and European integration. Politicians, professionals and the foundation of the ECMT", *The Journal of Transport History*, vol. 29, n° 1, 2007, p. 64-82.

<sup>1239</sup> Voir par exemple : OCDE, *Modèles de circulation urbaine : possibilités de simplification* (Rapport préparé par un groupe de recherche routière de l'OCDE), Paris, OCDE, août 1974. Le secrétariat technique de ce groupe, créé en juin 1972 et qui a fonctionné pendant deux ans, est co-assuré par l'ingénieur des ponts et chaussées Jean-Gérard Koenig (X-1964).

<sup>1240</sup> On trouve des traces de cette tradition de voyages et de séjours outre-Atlantique pour s'informer des dernières évolutions dans la modélisation des déplacements urbains jusqu'à la fin des années 1970. Ainsi Michèle Cyna, membre du corps des ponts et chaussées (X-76) a effectué un Master au « Massachusetts Institute of Technology » (MIT) au tournant des années 1970 et 1980 (voir Michèle Cyna, *Congestion and Schedule Delay*, Master thesis, Department of Civil Engineering, MIT, juin 1981). Son supervisor n'est autre que Moshe Ben-Akiva, avec qui M. Cyna a cosigné par ailleurs un article : Moshe Ben-Akiva, Michèle Cyna et André de Palma, « Dynamic Model of Peak Period Congestion », *Transportation Research Part B*, vol. 18, n° 4/5, 1984, p. 339-355.

<sup>1241</sup> Voir, entre autres : le classique Richard F. Kuisel, *Capitalism and the State in Modern France. Renovation and Economic Management in the Twentieth Century*, Cambridge, Cambridge University Press, 1981; Sur l'Etat français-aménageur du territoire, voir aussi Dominique Massardier, *Expertise et aménagement du territoire: l'Etat savant*, Paris, L'Harmattan, 1996.

<sup>1242</sup> On trouve aussi dans les documents de l'époque l'appellation suivante : « Service des Etudes et Recherches sur la Circulation Routière ».



“missionnaires” des années 1950 et 1960)<sup>1243</sup>. Le SERC disparaît à la fin des années 1960 pour céder la place à deux structures censées être complémentaires dans leurs missions respectives. Le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), créé en janvier 1968, est orienté vers les “études et applications” et comprend en son sein une “Division urbaine”<sup>1244</sup> à laquelle est confiée la question des déplacements urbains et leur modélisation. Service central (parisien) du ministère de l'Équipement<sup>1245</sup>, le SETRA, toujours opérationnel, est rapidement flanqué, entre 1968 et 1973, de plusieurs antennes locales. Répondant au nom des Centres d'Etudes Techniques de l'Équipement (CETE), ces structures sont chargées de cultiver, entre autres, l'art de la modélisation des déplacements urbains<sup>1246</sup>. La partie “recherche” des activités du SERC est confiée après sa disparition à l'Institut de Recherche des Transports (IRT)<sup>1247</sup> devenu en 1985 l'INRETS<sup>1248</sup>.

Au sein de ces deux nouvelles structures (SETRA et IRT), on trouve plusieurs ingénieurs du corps des ponts et chaussées qui seront activement impliqués dans la modélisation des déplacements urbains. Sans viser à l'exhaustivité, voici quelques représentants de ce milieu

---

<sup>1243</sup> En 1964, le SERC comprend trois divisions: la Division “Etudes Urbaines” (DEU), la Division du Trafic Interurbain et des Mathématiques Appliquées et la Division des Statistiques Générales et des Relations Extérieures (voir Ministères des travaux publics et des Transports, SERC, DRCR, *Le Service d'Etudes et de Recherches de la Circulation Routière*, Avril, 1964). En 1964-65, le SERC est dirigé par l'ingénieur des ponts et chaussées Michel Frybourg (X-1946) et compte en son sein au total 16 personnes dont cinq ingénieurs du corps des ponts (parmi lesquels Goldberg) et quatre ingénieurs TPE. Voir *Annuaire du Ministère des Travaux publics et des Transports*, année 1964-65, Edition 1965, p. 420.

<sup>1244</sup> Cette “Division urbaine” s'est autonomisée en 1976 sous la forme d'un organisme au nom de CETUR (Centre d'Etudes des Transports Urbains), devenu CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions Publiques) en 1994.

<sup>1245</sup> Le ministère de l'Équipement est créé en 1966, suite à la fusion du ministère des Travaux publics et celui de la Construction. Depuis cette date, il a changé à plusieurs reprises son appellation (et son périmètre d'action). Aujourd'hui (mars 2013), il répond au nom du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Dans cet article, nous utilisons systématiquement l'appellation d'origine (sauf, évidemment, pour les documents produits par ce ministère, et pour lesquels nous donnerons le nom chaque fois en vigueur).

<sup>1246</sup> Voici la liste des différents CETE avec la date de leur création et leur localisation : *CETE Méditerranée* (Aix- en-Provence, 1968), *CETE Nord* (Lille, 1970), *CETE de Lyon* (Lyon, 1971), *CETE Sud Ouest* (Bordeaux, 1971), *CETE Normandie* (Rouen, 1971), *CETE de l'Ouest* (Nantes, 1972), *CETE de l'Est* (Metz, 1973). Pour la région parisienne, il n'y aura pas de CETE. La modélisation des déplacements urbains n'y est pas moins présente du côté de l'Administration par l'intermédiaire du Service Régional de l'Équipement de la Région Parisienne (l'actuelle Direction régionale de l'Équipement Ile-de-France : DREIF), qui s'est doté au tournant des années 1960-1970 d'un modèle-maison et dont une version évoluée, du nom de MODUS, est toujours opérationnelle dans les années 1990. Voir entre autres, Vincent Lichère, *MODUS. Modèle de déplacements urbains et suburbains. Présentation générale de la version 1*, Note interne, DREIF, novembre 1995, p. 2.

<sup>1247</sup> L'IRT est officiellement créé en 1970, mais en réalité son fonctionnement date de la fin des années 1960. Voir par exemple : *Bilan des activités du « Département Recherche opérationnelle et informatique » pour l'année 1968* (document disponible à la Bibliothèque du SETRA).

<sup>1248</sup> Au 1<sup>er</sup> janvier 2011, l'INRETS a fusionné avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) pour donner naissance à l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR).

dans les années 1960 et au début de la décennie suivante. En 1969, Michel Sakarovitch (X-1957), spécialiste des techniques de la Recherche Opérationnelle et titulaire d'une thèse de doctorat réalisée, en 1966, à l'université de Californie à Berkeley sous la supervision de trois hommes forts du domaine (Dantzig, Newell et Oliver : voir ch. 2)<sup>1249</sup>, dirige le « Département Recherche Opérationnelle et Informatique » du ministère. Parmi ses collaborateurs figure comme « consultant en informatique » Jean David Ichbiah (X-60) et comme « ingénieur système » François-Léon Barbier de Saint-Hilaire (X-1962), auteur au tournant des années 1960 et 1970 d'un modèle d'affectation à contrainte de capacité, devenu classique en France, du nom de DAVIS<sup>1250</sup>. Au début des années 1970, c'est au sein du SETRA que Jean-Gérard Koenig (X-1964) va développer, avec un autre polytechnicien et membre du corps des ponts et chaussées Jean Henri Poulit (X-1957), à l'époque « Chef de la Division Urbaine du SETRA »<sup>1251</sup>, ses travaux sur la notion d'accessibilité<sup>1252</sup>, qui sont encore cités dans la littérature internationale (voir *infra*). Ces ingénieurs d'Etat s'entourent par ailleurs de plusieurs collaborateurs. Citons ici, toujours sans souci d'exhaustivité : Jean-Pierre Uhry, ingénieur diplômé de l'Ecole des ponts de chaussées, auteur du modèle EVARAU (étape d'affectation) lors de son passage à l'IRT<sup>1253</sup>, et le père d'un modèle d'affectation pour les Transports collectifs du nom de TERESE, devenu après son élaboration au milieu des années 1970 un classique de la modélisation française<sup>1254</sup>; M. Bruynooghe, également ingénieur diplômé de l'Ecole des ponts et chaussées<sup>1255</sup>.

<sup>1249</sup> Michel Sakarovitch, *The Multi-Commodity Maximum Flow Problem*, Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley, 1966. Voir aussi: P.H. Fargier, M. Sakarovitch et J.P. Uhry, *Introduction à la recherche opérationnelle*, Arcueil, IRT, novembre 1971.

<sup>1250</sup> Voir, par exemple, CETUR, *Système DAVIS, programme d'affectation de trafic sur voirie (version IBM et CII)*, Bagneux, octobre 1976.

<sup>1251</sup> J. Poulit, *Approche économique de l'accessibilité*, janvier et novembre 1973.

<sup>1252</sup> G. Koenig, « La théorie de l'accessibilité urbaine, un nouvel outil au service de l'aménageur », *RGRA*, n° 499, juin 1974, p. 67-78 ; G. Koenig, « Théorie économique de l'accessibilité urbaine », *Revue économique*, vol. 25, n° 2, 1974, p. 275-297.

<sup>1253</sup> J.P. Uhry, *Le modèle EVARAU. Un programme interactif pour la recherche d'un meilleur tracé d'un réseau d'autobus*, IRT, octobre 1969.

<sup>1254</sup> Au moment de l'élaboration de TERESE qui "s'inspire largement des idées qui sont à la base du modèle EVARAU", Uhry est chercheur à l'Institut de Recherches en Mathématiques Avancées de Grenoble (IRMA) Voir, par exemple, CETE-Lyon, SEMALY et IRMA-Grenoble, *TERESE, affectation d'une demande TC, sans date* (milieu des années 1970), p. 2 (document disponible à la Bibliothèque du SETRA). Pendant la période 1975-1995, TERESE est utilisé par divers organismes sur plusieurs villes parmi lesquelles Lyon, Grenoble, Nantes, Bordeaux, Strasbourg, Montpellier, Rouen, Toulon, Valenciennes, Orléans. Voir Carole Berenguer, *Evaluation de la modélisation des trafics sur la ligne D du métro de Lyon*, Rapport pour le compte de la DRAST, Lyon, mars 1996, p. 10.

<sup>1255</sup> M. Bruynooghe a produit *Un modèle intégré de distribution et d'affectation du trafic sur un réseau*, avril 1969, où l'auteur se réfère au livre de Beckmann et de ses collaborateurs paru en 1956 (ch. 4) (document conservé à la Bibliothèque de l'ENPC).

Les structures que nous venons de mentionner, émanation de l'Administration des ponts et chaussées, ne sont pas, loin s'en faut, les seules à cultiver l'étude du trafic urbain à l'aide de modèles dans la France de la période qui nous intéresse ici. D'autres acteurs, pour l'essentiel parisiens, seront également très actifs sur la scène de la modélisation des déplacements urbains à partir de la fin des années 1950.

Citons ainsi l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Parisienne (IAURP), créé en 1960 – devenu IAURIF en 1976, et IAU-îdF en 2008 –, où œuvre durant les années 1960 le tandem Pierre Merlin (X-1957) et Michel Barbier, diplômé de l'Ecole des ponts et chaussées en 1959 et détenteur d'un master en Recherche Opérationnelle du « Case Institute of Technology » à Cleveland au tout début des années 1960<sup>1256</sup>. Ces deux ingénieurs, entourés d'autres collaborateurs, vont accomplir, au milieu des années 1960, un travail à plusieurs égards pionnier, et reconnu comme tel par des collègues à l'étranger<sup>1257</sup>, sur le « coût généralisé de transport » – ce dernier prenant en compte plusieurs facteurs comme les coûts monétaires mais aussi le temps de déplacement ou le confort –, qui sera utilisé dans l'étude du choix du mode de transport (la troisième étape de la modélisation à quatre étapes)<sup>1258</sup>.

Dans les années 1960 toujours, une série de bureaux d'études, privés ou liés d'une façon ou d'une autre à la puissance publique, vont pratiquer également la modélisation des déplacements urbains. On peut commencer par citer la Société pour l'Avancement et l'Utilisation de la Recherche Opérationnelle Civile (AUROC), fondée à la fin des années 1950 par deux polytechniciens, Jacques Mélése (X-1947) et Jacques Barache (X-1947), forte d'une vingtaine d'ingénieurs au moment de sa fusion avec la CEGOS en 1965<sup>1259</sup>. Créée en

---

<sup>1256</sup> Sur la Recherche Opérationnelle au « Case Institute of Technology » à la fin des années 1950, voir E. Leonard Arnoff, « Operations Research at Case Institute of Technology », *Operations Research*, vol. 5, n° 2, 1957, p. 289-292.

<sup>1257</sup> Voir, entre autres, le texte récent signé par Marc Gaudry et Emile Quinet, *Shannon's measure of information, path averages and the origins of random utility models in transport itinerary or mode choice analysis*, Working Paper n° 2012-31, Paris School of Economics/Ecole d'Economie de Paris, p. 17-18 et *passim*.

<sup>1258</sup> Sur la production de l'IAURP, voir notamment : Michel Barbier et Pierre Merlin, « Choix du moyen de transport par les usagers », *Cahiers de l'IAURP*, vol. 4-5, avril 1966, p. 5-56 ; François Mellet, « Analyse du choix du mode de transport par les usagers en région parisienne », *Cahiers de l'IAURP*, vol. 17-18, cahier 2, octobre 1969, p. 5-42 ; les études réunies dans « Choix entre transports publics et transports individuels en région parisienne », *Cahiers de l'IAURP*, vol. 26, février 1972.

<sup>1259</sup> Sur AUROC, voir « Systémique : mode d'emploi (entretien avec Jacques Mélése) », *Gérer et Comprendre*, juin 1993, p. 17-27 (p. 17, p. 20 et *passim*).

1960, la Société d'Economie et de Mathématique Appliquées (SEMA)<sup>1260</sup> a produit, par l'intermédiaire d'une équipe réunie autour du polytechnicien H. Le Boulanger (X-1956), plusieurs modèles relatifs aux déplacements urbains<sup>1261</sup>. Quant à la Société d'Etudes Techniques et Economiques (SETEC), elle est créée en 1957 par deux ingénieurs du corps des ponts et chaussées Henri Grimond (X-1946) et Guy Saias (X-1944) et abritera comme modélisateurs, entre autres, le polytechnicien Roger Marche (X-1949) et l'ingénieur Alain Bieber, diplômé de l'Ecole des ponts et chaussées et auteur d'une thèse, en 1966, à l'université de Californie, à Berkeley, au sein du « Institute of Transportation and Traffic Engineering »<sup>1262</sup>. En 1959, SETEC collabore avec la firme américaine « De Leuw, Cather&Company » pour produire une étude de trafic et de rentabilité pour un tunnel sous la Manche<sup>1263</sup>. Le Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Aménagement Urbain (CERAU) est créé en 1966 comme bureau dépendant de la Caisse des Dépôts et Consignation : parmi les modélisateurs du bureau, on peut mentionner l'ingénieur des ponts et chaussées Georges Mercadal (X-1956)<sup>1264</sup> et Philippe Rochefort, diplômé de l'Ecole centrale de Lyon en 1967. Quant au Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer (BCEOM), il est établi en 1949<sup>1265</sup>. Notons enfin dans la catégorie "bureau d'études" la présence, plutôt faible par rapport à la période après 1980, de bureaux d'études étrangers, comme la firme anglo-américaine « Freeman, Fox, Wilbur Smith and Associates » que nous avons déjà rencontrée (ch. 2)<sup>1266</sup>.

---

<sup>1260</sup> Sur la SEMA, voir Jacques Lesourne, *Un homme de notre siècle*, Paris, Odile Jacob, 2000, 3<sup>e</sup> partie.

<sup>1261</sup> Voir, par exemple, A. Brachon, H. Le Boulanger et P. Lissarrague, *Recherche sur les comportements en matière de déplacements. Synthèse sur les modèles de trafic de personnes en zone urbaine*, Paris, SEMA (Metra International), Division Recherche et Développement (Synthèse et Formation n° 52), février 1969.

<sup>1262</sup> A. Bieber, *Modal Evolution of Intercity Travel Demand. A Markovian Analysis*, Ph.D. dissertation, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, Berkeley, 1966.

<sup>1263</sup> Voir : The Economic Intelligence Unit, De Leuw, Cather&Company et Société d'Etudes Techniques et Economiques, *Tunnel sous la Manche : Etude de trafic et de rentabilité*, 1959 (plusieurs volumes).

<sup>1264</sup> En 1969, le CERAU avait des bureaux à Paris, Lyon, Rennes, Orléans, Nice et Marseille (voir la brochure du bureau : Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Aménagement Urbain, *CERAU*, Paris, 1969, p. 5).

<sup>1265</sup> Voir, par exemple : BCEOM, *Etude sur les Pénétrantes Urbaines*, avril 1967.

<sup>1266</sup> La Société avait développé au début des années 1970 pour le compte du CETE d'Aix-en-Provence le programme AMERTUM. Sur les services offerts par cette Société en France, voir : Marc Doizon, *Développement, programmation, et application d'un module de répartition modale en milieu urbain*, Thèse pour le doctorat de spécialité (3<sup>e</sup> cycle), Université d'Aix-Marseille, Institut d'Aménagement régional d'Aix-en-Provence, 1974, p. 100 et suiv. ; Centre d'Etudes des Transports Urbains (CETUR), *Analyse et prévision du trafic urbain. Recherche d'un modèle d'équilibre prenant en compte l'offre de transport*, Bagnaux, septembre 1976, p. 20-21 (il s'agit de la thèse de doctorat de Jacques Giber, soutenue à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)) ; SETRA, Société civile Freeman Fox (Paris) et "Le Mas" de Verte Colline, *Note technique 1 : Analyse de fonctions de conductance à deux paramètres : distribution de déplacements (modes motorisés) en fonction de la distance*, avril 1975 (document disponible à la Bibliothèque du SETRA).

Pour compléter le tableau des acteurs impliqués dans la modélisation des déplacements urbains dans la France de l'époque, il faut lui ajouter une touche supplémentaire : les écoles d'ingénieurs, en premier lieu l'Ecole des ponts et chaussées<sup>1267</sup>. Celle-ci enrichit sa bibliothèque de plusieurs publications américaines portant sur la modélisation des déplacements urbains<sup>1268</sup> et offre à ses élèves, à partir du milieu des années 1960, un cours substantiel sur le sujet, assuré par ailleurs par des praticiens de la modélisation<sup>1269</sup>. L'Ecole des ponts participe aussi durant les années 1960 à l'aventure de la modélisation des déplacements urbains par l'intermédiaire de plusieurs travaux personnels faits sur la question par des élèves-ingénieurs<sup>1270</sup>. L'IAURP va utiliser à la fin des années 1960 les compétences du *Centre de Gestion Scientifique* de l'Ecole des mines pour rendre opérationnels les modèles conçus par ses propres modélisateurs<sup>1271</sup>.

Tous ces acteurs, unis par les mêmes réseaux de sociabilités – parmi les modélisateurs de l'époque, on trouve, en effet, beaucoup de polytechniciens et plusieurs diplômés de l'Ecole des ponts et chaussées – oeuvrent plutôt en symbiose, les bureaux d'études travaillant fréquemment, souvent à plusieurs, pour le compte de la puissance publique. Ils se côtoient également autour de plusieurs “ ressources communes ”, qu'il s'agisse de l'outil informatique – les “ moyens de production ” de la modélisation, selon notre vocabulaire – ou des enquêtes sur la mobilité des ménages, à savoir les “ matières premières ” qui vont alimenter les modèles. Ressources frappées à l'époque, il faut le souligner, du sceau de la rareté.

---

<sup>1267</sup> Sur l'Ecole des ponts et chaussées dans les années 1960, voir Nicole Goujon et Jacques Odinet, *L'Ecole des ponts, 1960-2000 : une école en mouvement*, Paris, Presses de l'ENPC, 2007.

<sup>1268</sup> On trouve, par exemple, dans les catalogues de la bibliothèque de l'ENPC : une collection des « Highway Research Board Proceedings » pour la période 1941-1961 (cote P 0726) ; « Highway Research Board – Yearbook » pour les années 1963-1967 (P 0723) ; « Highway Research Circular » (1945-1960) (cote P 0587) ; le livre classique signé par Robert E. Schmidt and M. Earl Campbell, *Highway Traffic Estimation*, Saugatuck (Connecticut), The ENO Foundation for Highway Traffic Control, 1956 (cote 8° 36867).

<sup>1269</sup> Voir par exemple : MM. Lagneau and Pebereau, Professeurs (MM. Biass, Coignet, Coquery, Cornet-Vernet, Mme Dottelonde, Gerondeau, Mercadal, Nardin, Ralite : Maîtres de conférence), *Cours d'Aménagement urbain*, 1965-66 ; A. Bieber, O. Dubois-Taine, J. Orselli and J. Ville, *Circulation et transports urbains* (Enseignement spécialisé n° 29), année 1972-73 (documents consultables à la Bibliothèque de l'ENPC).

<sup>1270</sup> Voir par exemple : J. Ichbiah, *L'affectation du trafic sur un réseau (analyse bibliographique d'une documentation allemande et américaine. Etude particulière de certains points)* (travail personnel effectué à l'ENPC en 1965 dans le cadre de l'option “ Routes ”), janvier 1966 ; Yves Cousquer et Pierre Richard, *La valeur du temps dans les déplacements domicile-travail. Cas d'un grand ensemble de Lyon*, Travail personnel, Ecole nationale des ponts et chaussées, 1966.

<sup>1271</sup> Michel Barbier *et al.* “ Investissement et tarification des transports urbains (Un essai d'approche systématique) ” *Cahiers de l'IAURP*, vol. 17-18, cahier 4, octobre 1969, p. 5-44.

Ainsi l'Administration des ponts et chaussées commence à se doter progressivement de ses propres ordinateurs, un IBM 360/50 (installé au SETRA), un CII 10 070 de la Compagnie Internationale d'Informatique (installé à l'IRT) et un IBM série 360/50 (géré par le CETE d'Aix-en-Provence), seulement en 1969/70<sup>1272</sup>. Encore en 1976, le CETE de l'Est, créé en 1973, ne possède pas de matériel lourd en matière d'informatique – le réseau de cinq terminaux fonctionnant dans sa zone d'action est, en effet, connecté à l'ordinateur CII-IRIS 80 du CETE de Lyon<sup>1273</sup>. Dans les années 1960, les ingénieurs des ponts et chaussées et les autres ingénieurs de l'Administration versés dans la modélisation font alors appel à des sociétés d'informatique, dont IBM-France, société qui mettait en même temps à la disposition de ses “clients” des modèles clés-en-main sous forme de programmes informatiques programmés sur ses machines<sup>1274</sup>. Outre IBM, il faudra mentionner la Société d'Etude et de Recherche pour le traitement de l'Information (SERTI), équipée d'un ordinateur UNIVAC 1108<sup>1275</sup>, ou la Société d'Informatique Appliquée (SIA), filiale de la SEMA, qui s'est dotée, au début des années 1960, d'un “gros bijou” de l'époque, un calculateur CDC 3600 de la « Control Data Corporation » et, un peu plus tard, d'un spécimen du modèle CDC 6600 de la même firme<sup>1276</sup>.

Outre l'outil informatique, les modélisateurs de l'époque partagent aussi des “matières premières”, les enquêtes sur la mobilité des ménages qui alimentent les modèles. Si la plupart

---

<sup>1272</sup> Jean-Louis Deligny, “Le Centre de calcul de l'Administration centrale du Ministère de l'Équipement et du Logement”, *RGRA*, n° 456, juillet-août 1970, p. 65-75. Un ordinateur IBM 1130 8K avait été installé au Ministère de l'Équipement en mars 1968. Voir *Bilan des activités du « Département Recherche opérationnelle et informatique » pour l'année 1968*, p. 1.

<sup>1273</sup> Brochure éditée par le *CETE de l'Est* (sans date) concernant l'année 1976, p. 17 (disponible aux Archives du CETE de l'Est).

<sup>1274</sup> Informations tirées des documents suivants : Ministère des Travaux publics et des Transports, Direction des Routes et de la Circulation Routière, Ecole nationale des ponts et chaussées, *Titre IV : “Études de Transport”*, avril 1965 ; *Cahiers de l'IAURP*, vol. 28, septembre 1972 (cahier 2) ; Ponts et chaussées, SERC, Agence de l'Est, *Affectation de trafic avec contraintes de capacité, Programme IBM-CAPRE*, mai 1967 (document disponible à la Bibliothèque du SETRA) ; MM. Koenig, Seigner et Boussuge, “Génération, distribution, affectation de trafic sur les voies nouvelles”, *RGRA* (Recyclage : formation permanente, année 1974), fascicule n° 1, janvier 1974, p. 1-16 (p. 15).

<sup>1275</sup> Voir Ministère de l'Équipement et du Logement, Ministère des Transports, Commission d'étude des coûts d'infrastructure de Transport, Groupe des Transports urbains, *Sur les coûts et la tarification des transports urbains*, février 1969, Annexe 1, p. 1 et 3.

<sup>1276</sup> Informations tirées des documents suivants : J. Letellier, *ATTRAVAR*, OTR de Normandie, avril 1965, p. 19-20 ; Amy Dahan Dalmedico, *Jacques-Louis Lions, un mathématicien d'exception*, Paris, La Découverte, 2005, p. 48-49. Sur les (gros) ordinateurs des années 1960, voir : Paul E. Ceruzzi, *A History of Modern Computing*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2003 (2e éd.).

des enquêtes ont été faites sous l'égide du SERC puis du SETRA et des CETE, d'autres acteurs comme la RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens) ou la ville de Paris ont procédé, avec le concours de bureaux d'études privés, à des enquêtes similaires. Parmi les villes qui ont fait l'objet d'enquêtes, citons les cas de Lyon, de Lille et de Nancy en 1965, de Marseille, d'Aix-en Provence, de Nice ou de Grenoble en 1966, de Bordeaux en 1967...<sup>1277</sup>

Voici un aperçu sur le déroulement de ces enquêtes à partir du cas de Nancy. Celle-ci a mobilisé, entre le 15 février et le 8 avril 1965, 37 étudiants de l'université de Nancy qui se sont partagé les tâches d'enquêteur, de vérificateur et de « chiffreur ». Un travail préliminaire de plusieurs mois avait permis de définir le périmètre d'enquête, le questionnaire utilisé et les tableaux de résultats. Environ 7500 habitants de la ville (choisis après tirage au sort sur le fichier des abonnés EDF) ont répondu au questionnaire de l'enquête. Cette tâche a demandé 2200 heures de travail à 28 enquêteurs. Les tableaux de résultats sont issus d'un dépouillement mécanographique sur ordinateur IBM 1401 ; l'ensemble des opérations de perforation de cartes, de programmation et d'exploitation était achevé six semaines après la fin de l'enquête proprement dite<sup>1278</sup>.

Parmi les enquêtes effectuées pendant cette période, celle qui a servi pour la première "Etude Globale de Transport de la Région Parisienne" (horizons temporels traités : 1975, 1985 et 2000) mérite une mention particulière. Son origine remonte à 1966, année où un groupe technique d'étude des transports réuni à la demande du Délégué Général du District de la Région de Paris proposait la réalisation d'une "étude globale de transport", à savoir la mise en oeuvre d'un certain nombre de mesures et d'enquêtes, lesquelles, exploitées et régulièrement actualisées, devaient permettre de s'assurer de la cohérence des décisions en matière de transport dans la région parisienne. Une fois les propositions du groupe approuvées par le Conseil d'Administration du District et par le Ministère de l'Equipement et du Logement<sup>1279</sup>,

---

<sup>1277</sup> Pour une liste et une analyse des résultats de ces enquêtes, voir : SETRA, *Caractéristiques des déplacements en milieu urbain*, dossier 1 (Rapport) : "Caractéristiques socio-économiques des villes", Bagnaux, sd ; CETUR, *Caractéristiques des déplacements en milieu urbain*, dossier 4 (Rapport et Annexe) : "Répartition entre modes de transports", Bagnaux, sd ; CETUR, *Evolution des caractéristiques des déplacements en milieu urbain entre 1966 et 1973. Analyse d'après les enquêtes ménages réalisées à Grenoble, Nice, Rouen, Bagnaux*, 1977. Sur ces enquêtes, voir aussi les analyses de B. Facq, *Les fondements statistiques de la science française des déplacements urbains : l'histoire des enquêtes ménages*, op. cit.

<sup>1278</sup> SERC. Agence de l'Est, *Nancy, enquête de circulation 1965*, Metz, Imprimerie Louis Hellenbrand, 1966, p. 2 notamment.

<sup>1279</sup> On peut lire ces propositions dans les Cahiers de l'IAURP, vol. 28 (« L'Etude Globale de Transport de la Région Parisienne »), 1972, fascicule : « Avant-propos ; 1. Le cadre de l'étude », p. 19-25.

un “groupe d’étude globale” est constitué. Organisé en trois “unités” (“traitement de l’information”, “analyse scientifique”, “préparation et contrôle des enquêtes”), le groupe a procédé à une organisation “industrielle” de l’“Etude”, en la découpant en plusieurs opérations soigneusement préparées. Pendant plus d’un an (fin 1967-début 1969), le groupe a conçu et mis en place le dispositif de l’enquête et planifié son déroulement futur (définition des modèles à utiliser, définition de la nature et du volume des données statistiques à recueillir...). L’enquête proprement dite s’est déroulée entre le 15 mars et le 1<sup>er</sup> juillet 1969 et a porté sur 21000 ménages. Après vérification et recoupement systématique des renseignements recueillis (de juillet à décembre 1969), il a fallu redresser les erreurs dues au sondage et aux refus de réponses des enquêtés (de janvier à mars 1970), préparer les programmes de traitement des données, analyser et mettre en forme les premiers résultats obtenus (avril-juillet 1970) : ceux-ci ont été diffusés en septembre 1970 au cours d’une conférence de presse du Préfet de la Région Parisienne. D’un coût total réel (en 1971) égal à 11,3 millions de francs (contre 14 MF de dépenses prévues en 1966), l’“Etude Globale de Transport de la Région Parisienne” a mobilisé une pléiade d’acteurs publics et privés dont la plupart ont déjà été mentionnés : SETEC, SERTI, BCEOM, SIA, CERAU, figurent, en effet, sur la liste des participants à cette entreprise orchestrée par le Service Régional de l’Equipement de la Région Parisienne et l’IAURP<sup>1280</sup>.

De ce qui précède, il résulte clairement que la scène de la modélisation des déplacements urbains dans la France des années 1960 est peuplée de nombreux acteurs. Cette multitude d’acteurs se traduit par une multiplication des modèles proposés sur le marché hexagonal de la modélisation des déplacements urbains pour toutes les étapes de la modélisation à quatre étapes, à l’exception de l’étape de choix modal qui a engendré peu de recherches en dehors des travaux menés au sein de l’IAURP<sup>1281</sup>. Au tournant des années 1960 et 1970, on peut parler d’une *science nationale* française en matière de modélisation des déplacements urbains,

---

<sup>1280</sup> *Ibid.*, p. VI, p. 4-5, p. 11 notamment. Pour plus d’informations, le lecteur peut consulter les quatre volumineux fascicules des *Cahiers de IAURP*, vol. 28, 1972.

<sup>1281</sup> Le lecteur peut prendre connaissance de cette production en consultant notamment : SERC, *Modèles de trafic, analyse bibliographique*, *op. cit.* ; *Cahiers de l’IAURP*, vol. 4-5, vol. 26 et vol. 28 (*op. cit.*); A. Brachon, H. Le Boulanger et P. Lissarrague, *Recherche sur les comportements en matière de déplacements. Synthèse sur les modèles de trafic de personnes en zone urbaine*, *op. cit.* ; J. Letellier, *ATTRAVAR*, *op. cit.* ; A. Gaudefroy-Demombynes, “Le simulateur de déplacements en milieu urbain”, *RGRA*, n° 487, mai 1973, p. 101-104 ; P. Merlin, *La planification des transports urbains, enjeux et méthodes*, Paris, Masson, 1984 ; P. Merlin *Bibliographie sur la planification des transports urbains/Bibliography on urban transport planning*, Arcueil and Saint-Denis, IRT and Presses Universitaires de Vincennes, 1984 ; E. Balavoine, *La prévision de la demande de transports urbains*, Thèse de doctorat d’Etat, Université de Bordeaux I, 1981.



forte de plusieurs modèles conçus par des équipes françaises, programmés sur des ordinateurs à l'intérieur de l'Hexagone<sup>1282</sup>. Ajoutons immédiatement que cette production nationale bénéficie d'une visibilité à l'étranger : plusieurs modélisateurs français publient, en effet, sur des supports de langue anglaise, comme la revue *Transportation Research*,<sup>1283</sup> et leurs travaux sont cités, encore aujourd'hui pour certains d'entre eux, par des collègues en provenance de plusieurs pays<sup>1284</sup>.

Ce foisonnement des années 1960, qui a débouché, nous venons de le voir, sur la création de plusieurs modèles "made in France" pour chacune des quatre étapes de la modélisation des déplacements urbains, va connaître, au début des années 1970, un coup d'arrêt, avec la création d'une "science française normalisée" en la matière. Qu'entendons-nous par là?

En 1972 et 1973 voient le jour une série de circulaires interministérielles qui fixent le cadre institutionnel, les objectifs, la méthodologie et le financement des études de conception,

---

<sup>1282</sup> Sur la problématique "science nationale", voir, par exemple, David Edgerton, "Science in the United Kingdom. A study in the Nationalization of Science", dans John Krige and Dominique Pestre (éd.), *Science in the Twentieth Century*, Amsterdam, Harwood Academic Publishers, 1997, p. 759-776.

<sup>1283</sup> Sans viser l'exhaustivité, voir : M. Bruynooghe, A. Gibert et M. Sakarovitch, "Une méthode d'affectation du trafic", dans W. Leutzbach et P. Baron (éd.), *Beiträge zur Theorie des Verkehrsflusses Strassenbau und Strassenverkehrstechnik (Proceedings of the Fourth International Symposium on the Theory of Road Traffic Flow, Karlsruhe, Juin 1968)*, Heft 86, Herausgegeben von Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn, 1969, p. 198-204; C. Ferragu et M. Sakarovitch, "A Class of 'Structural' Models for Trip Distribution", *Transportation Research*, vol. 4, 1970, p. 87-92 ; H. Le Boulanger, "Research into the Urban Traveller's Behaviour", *Transportation Research*, vol. 5, 1971, p. 113-125; P. Rochefort, "The Demand for Inter-Urban Transport Econometric and Psycho-Sociological Approaches", *PTRC Symposium Proceedings, Models of traffic outside towns, 12-15 May 1970, Amsterdam*, Bournemouth, 1971, p. 47-50; M. Netter, "Affectations de trafic et tarification au coût marginal social: critique de quelques idées admises", *Transportation Research*, vol. 6, 1972, p. 411-429; J.-G. Koenig, "Indicators of Urban Accessibility : Theory and Application", *Transportation*, vol. 9, 1980, p. 145-172

<sup>1284</sup> Parmi les travaux qui se réfèrent à la production française de l'époque, voir : F. Tagliacozzo and F. Pirzio, "Assignment Models and Urban Path Selection Criteria : Results of a Survey of the Behaviour of Road Users", *Transportation Research*, vol. 7, 1973, p. 313-329 (les auteurs se réfèrent, entre autres aux travaux des modélisateurs de la SEMA) ; W.J. Jewell, "Models for Traffic Assignment", *Transportation Research*, vol. 1, 1967, p. 31-46 (l'auteur a séjourné à Paris entre septembre 1965 et février 1966 comme « Fulbright Research Scholar » et a travaillé avec H. Le Boulanger et son équipe à la SEMA. Il cite le travail de Sakarovitch aux Etats-Unis à Berkeley) ; J.M. Morris, P.L. Dumble et M.R. Wigan, "Accessibility Indicators for Transport Planning", *Transportation Research Part A*, vol. 13A, 1979, p. 91-109 (les auteurs se réfèrent à plusieurs reprises à Koenig, encore cité récemment dans Donald G. Janelle et D. C. Hodge, *Information, Place and Cyberspace. Issues in Accessibility*, New York, Springer, 2000); Peter A. Steenbrink, "Transport Network Optimization in the Dutch Integral Transportation study", *Transportation Research*, vol. 8, 1974, p. 11-27 (il cite les travaux de Barbier à l'IAURP et le papier signé par le trio Bruynooghe, Gibert et Sakarovitch, texte cité encore récemment par : Hai Yang et Hai-Jun Huang, *Mathematical and Economic Theory of Road Pricing*, Oxford, Elsevier, 2005 ; et A. Nagurney et D. Boyce, "Preface to 'On a Paradox of Traffic Planning' ", *Transportation Science*, vol. 39, n° 4, 2005, p. 443-445).

d'implantation et de programmation des infrastructures de voie et de transport en milieu urbain<sup>1285</sup>. Parallèlement à la rédaction de ces circulaires méthodologiques,

“ les services centraux – et notamment la Division Urbaine du SETRA – ont entrepris de mettre à la disposition des utilisateurs locaux des méthodes et des modèles de prévision du trafic adaptés aux problèmes à traiter dans la nouvelle conception. Il a paru avant tout indispensable – compte tenu de l’expérience étrangère – d’éviter que chaque ville n’ait à réinventer une méthode de prévision particulière, nécessitant dans chaque cas une enquête auprès des ménages très coûteuse et très longue (deux ans environ), sans que le gain en précision soit toujours évident. On a donc cherché à mettre au point des *modèles aussi universels que possible*, dont le calage sur chaque ville ne porte que sur un nombre restreint de paramètres essentiels disponibles à partir d’enquêtes légères (comptages). Le matériau de base pour cette mise au point a été constitué par seize enquêtes faites auprès des ménages dans les villes françaises entre 1966 et 1971 [c’est moi qui souligne] ”<sup>1286</sup>.

Circulaires méthodologiques, guides, dossiers pilotes, grands documents de synthèse, édités par les services centraux du Ministère de l’Équipement, le SETRA notamment<sup>1287</sup>, plusieurs articles de synthèse dans des périodiques techniques très lus par les ingénieurs, comme la *Revue Générale des Routes et des Aérodromes*, autant d’opérations qui aboutissent à une standardisation des procédures et des méthodes utilisées dans les études relatives aux déplacements urbains, dont les enquêtes ménages déplacements<sup>1288</sup>. Ce mouvement de

---

<sup>1285</sup> Sur ces circulaires, voir par exemple : Jean Poulit, “ Le problème urbain : ses dimensions, ses méthodes ”, *RGRA* (Recyclage: formation permanente, année 1973, fascicule n° 1, janvier 1973), p. 1-15 ; G. Koenig, “ Conception générale et programmation des réseaux urbains de voirie et de transport collectif ”, *RGRA* (‘Recyclage : formation permanente, année 1974, fascicule n° 4), p. 1-16.

<sup>1286</sup> MM. Koenig, Seigner et Bousuge, “ Génération, distribution, affectation de trafic sur les voies nouvelles ”, *op. cit.*, p. 1-2.

<sup>1287</sup> Voir, à titre indicatif : SETRA (Division urbaine)-IRT, *Etudes préliminaires d’infrastructures de Transport. Note de synthèse*, Bagneux, sd (on trouve, entre autres, les différents modèles opérationnels du Ministère) ; SETRA (Division urbaine), *Dossier pilote concernant la réalisation des enquêtes ménages déplacements*, Bagneux, 1975 ; SETRA (Division urbaine), *Caractéristiques des déplacements en milieu urbain*, dossier n° 1 (Rapport) : “ Caractéristiques socio-économiques des villes ”, Bagneux, sd ; CETUR, *Caractéristiques des déplacements en milieu urbain*, dossier n° 2 (Rapport) : Id., “ Génération des déplacements de personnes ” ; Id., dossier n° 3 (Rapport) “ Distribution des déplacements ”, Bagneux, sd ; *Id.*, dossier n° 4 (Rapport et Annexe) : “ Répartition entre modes de transports, Bagneux, sd ; *Id.*, dossier n° 5 (Rapport et Annexe) : “ Coefficients de pointe ”, Bagneux sd ; *Id.*, dossier n° 6 (Rapport) : “ Stationnement dans les zones centrales, Bagneux, sd. ; *Id.*, dossier n° 7 (Rapport et Annexe) : “ Conditions de déplacement (Temps, distances, vitesses) ; SETRA (Division urbaine), Annexe Générale : “ Tableaux comparatifs sur 16 villes pour les principaux paramètres ” (tous ces rapports datent du milieu des années 1970).

<sup>1288</sup> Ainsi à partir de 1975, plusieurs agglomérations françaises réalisent une enquête ménages déplacements selon une méthode standardisée connue aujourd’hui sous l’appellation « standard CERTU ». Voir : B. Facq, *Les*

« normalisation », qui a été également produit avec une certaine avance dans le temps aux Etats-Unis, touche également les modèles utilisés dans ce type d'études. Parmi les nombreux modèles disponibles sur le « marché » de la modélisation des déplacements urbains au seuil des années 1970, l'Administration française, par un geste qui rappelle également l'action du « Bureau of Public Roads » dans les années 1960 (ch. 2), choisit un certain nombre d'entre eux. Normalisés sous forme de programmes informatiques installés sur les machines des services techniques du ministère de l'Équipement, ces modèles sélectionnés sont diffusés et massivement utilisés dans les années 1970 à travers le territoire national grâce à des organismes publics locaux, les CETE notamment<sup>1289</sup>. Les différents bureaux d'études privés peuvent par ailleurs utiliser contre argent ces modèles disponibles sur les ordinateurs de l'Administration à des prix qui sont moins élevés que ceux pratiqués par des sociétés privées, comme IBM par exemple. Ainsi le modèle FABER (étapes de génération et de distribution), disponible sur l'ordinateur IBM du SETRA, a un coût de passage de 500 francs ; DAVIS (étape d'affectation), disponible sur l'ordinateur IBM du SETRA et sur l'ordinateur CII de l'IRT, coûte 800 francs plus 200F par dessin automatique ; AFTAT (affectation), programmé sur l'ordinateur CII du CETE de Bordeaux, a un coût d'exécution de 800 francs ; en revanche, l'exécution du modèle SATURNE (affectation), disponible par IBM sur ses ordinateurs, coûte 3 000 francs<sup>1290</sup>.

---

*fondements statistiques de la science française des déplacements urbains : l'histoire des enquêtes ménages déplacements*, op. cit. ; Hadrien Commenges, « Socio-économie des transports : une lecture conjointe des instruments et des concepts », *European Journal of Geography*, 2013 (en ligne), document 633 : <http://cybergeo.revues.org/25750> (28 mars 2013).

<sup>1289</sup> Les bibliothèques du SETRA et des différents CETE contiennent une multitude d'études produites dans les années 1970 qui font appel à ces modèles « normalisés ». Notons qu'avant cette période de standardisation, les agences locales semblent avoir produit plusieurs modèles « maison ». Voir, par exemple : T. Lecuve (SETA-Agence de l'Est), *Programme "CROIS: modèle de facteur de croissance (Fortran IV sur 1130-8 K)*, Rapport, septembre 1969 ; B. Pignon (SETRA-Agence de l'Est), *Le programme SDAGEST: prévisions de trafic dans une agglomération moyenne*, Rapport, septembre 1969 (documents disponibles aux archives du CETE de l'Est).

<sup>1290</sup> Voir MM. Koenig, Seigner et Boussuge, « Génération, distribution, affectation de trafic sur les voies nouvelles », op. cit., p. 15. Voir aussi le document SETRA-Agence de l'Est (Département informatique), *Barème 73. Prestations informatiques*, Metz, mars 1973 (consultable aux Archives du CETE de l'Est) : on y trouve plusieurs informations sur les tâches réalisées par le personnel du Département informatique lors du passage sur les ordinateurs de l'Administration des différents modèles de prévision des déplacements urbains de l'époque ainsi que sur les délais proposés et les tarifs pratiqués. Pour le passage du modèle DAVIS (affectation), on apprend ainsi que les tâches réalisées sont : la perforation des bordereaux de données ; la vérification des cartes perforées à partir des bordereaux ; la constitution-vérification du jeu de données ; l'appel aux fichiers nécessaires ; l'utilisation du ou des programmes ; la sortie des résultats sur papier triple ; le déliassage ; la maintenance des fichiers (la période demandée devant être inférieure à six mois). Quand aux délais, ils « sont de 10 jours ouvrables à partir de la remise des bordereaux dûment remplis. Ce délai ne comprend pas le déliassage des listings » (in *ibid.*, p. 10-11).

*Importation des savoir-faire américains, création d'une science nationale, normalisation et utilisation massive de celle-ci: voici les trois grands moments qui structurent la trajectoire de la modélisation des déplacements urbains dans la France de la période 1950-1980. Que s'est-il passé après ?*

## CHAPITRE 10

### Des années 1980 à nos jours, ou la domination progressive du champ par le secteur privé

En mars 2003, le CERTU<sup>1291</sup>, organisme dépendant à l'époque du ministère de l'Équipement, publie un document sous le titre de *Modélisation des déplacements urbains de voyageurs. Guide des pratiques*, rédigé par deux consultants appartenant au bureau d'études privé SETEC<sup>1292</sup>. Cinq ans auparavant, le même CERTU, toujours dans le champ de la modélisation des déplacements urbains, avait fait appel à un autre bureau d'études, MVA Consultancy, pour la rédaction d'un rapport portant sur l'approche dite désagrégée<sup>1293</sup>. Et on peut multiplier les exemples de documents, guides et autres rapports relatifs à ce champ de la modélisation rédigés au tournant des années 1990 et 2000 pour le compte de différentes directions et organismes dépendant du ministère de l'Équipement par des bureaux d'études privés<sup>1294</sup>.

Ce recours grandissant au secteur privé contraste avec les politiques passées de ces mêmes organismes et directions, qui, pour la rédaction de documents relatifs à ce type de modélisation, avaient mobilisé pendant longtemps des ingénieurs travaillant au sein de l'Administration<sup>1295</sup>.

Ce changement de « signature » reflète un mouvement de fond dont les origines remontent au début des années 1980, lequel est caractérisé par le retrait progressif de la puissance publique au profit de bureaux d'études privés comme lieu principal d'expertise en matière de modélisation des déplacements urbains en France. C'est de l'instauration progressive, au cours des trois dernières décennies, de l'hégémonie du secteur privé dans ce domaine de la

---

<sup>1291</sup> Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions Publiques (désormais CERTU).

<sup>1292</sup> CERTU, *Modélisation des déplacements urbains de voyageurs. Guide des pratiques*, Lyon, mars 2003.

<sup>1293</sup> CERTU et ADEME, *Comportements de déplacement en milieu urbain : les modèles de choix discrets. Vers une approche désagrégée et multimodale*, Lyon, juin 1998.

<sup>1294</sup> Voir par exemple : Michael Clarke (MVA), *Modèles de déplacements en milieu urbain : l'expérience américaine*, Rapport pour le compte de la DRAST, octobre 2000, ainsi que bibliographie contenue dans CERTU, *Modélisation des déplacements urbains de voyageurs. Guide des pratiques*, *op. cit.*

<sup>1295</sup> Voir par exemple : Centre d'Études des Transports Urbains (CETUR), *Les études de prévision de trafic en milieu urbain. Guide technique*, Bagnaux, 1990. Les rédacteurs de ce guide (deux personnes) et le groupe de travail (quinze personnes) associé sont des techniciens qui travaillent pour le compte de différents organismes de l'État. Précisons pour le lecteur que le CETUR, créé en 1976, a pris le nom de CERTU en 1994.

modélisation en France que le dernier chapitre de ce travail souhaite entretenir le lecteur.

Jugée à l'aune de l'intensité de l'implication de l'Etat français dans le champ de la modélisation des déplacements urbains, la période qui s'ouvre avec les années 1980 contraste beaucoup avec celle qui la précède. Même si on enregistre quelques développements originaux émanant des différents cercles de l'Administration durant la seconde moitié des années 1970 et le début des années 1980, ceux-ci semblent rester, pour la plupart d'entre eux, sans lendemain<sup>1296</sup>. Hormis la mise en œuvre massive à travers le territoire national des modèles standardisés de la période précédente, l'Administration semble alors se contenter de gérer « au quotidien » les modèles du passé, en les adaptant par exemple aux nouveaux supports informatiques. Citons néanmoins le développement du modèle OPERA, modèle monomodal (voitures particulières), créé dans les années 1980 par le CETE Méditerranée et utilisé aussi par une série d'autres CETE<sup>1297</sup> (au seuil des années 2000, on disposait d'une version Windows du logiciel correspondant du modèle, sous l'appellation « CartOPERA »<sup>1298</sup>). Le même CETE Méditerranée, avec la participation de la société d'informatique grenobloise ALMA<sup>1299</sup>, développe à l'extrême fin des années 1980 et au début des années 1990 une version micro-ordinateur du modèle d'affectation pour les transports collectifs TERESE (ch. 9) pour le compte de la SEMALY<sup>1300</sup> et du CETUR<sup>1301</sup>. DAVIS, un

---

<sup>1296</sup> Voir, par exemple : Service d'Etudes des Routes et Autoroutes, Société civile Freeman Fox (Paris) et « Le Mas » de Verte Colline, *Note technique 1 : Analyse de fonctions de conductance à deux paramètres : distribution de déplacements modes motorisés en fonction de la distance* (Rapport), avril 1975 (document disponible à la Bibliothèque du SETRA); CETUR, *Analyse et prévision du trafic urbain. Recherche d'un modèle d'équilibre prenant en compte l'offre de transport*, Bagnaux, septembre 1976 (il s'agit de la thèse de doctorat de Jacques Giber, soutenue à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)); O. Desforges, *Comparaison de trois modèles d'affectation de la circulation urbaine, Davis-Kova 10-Medycis*, Rapport de Recherche n° 29, Arcueil, IRT, février 1978; CETE de l'Est, *Distribution des déplacements urbains: tests d'un modèle d'opportunité*, Metz, janvier 1978; Ministère des Transports – Centre d'Etudes des Transports Urbains – CETE de Rouen, *Modèle de génération et de distribution de la clientèle sur un réseau de Transport Public Urbain*, septembre 1978.

<sup>1297</sup> Par exemple : *CETE du Sud-Ouest and CETE de Normandie Centre*, les villes de Marseille, Caen et Toulouse (voir GESMAD, *Bilan des pratiques et attentes de modélisation des collectivités locales*, Rapport d'étude pour le compte de la DRAST, septembre 2002, p. 8-9). Sur OPERA, voir la « fiche » correspondant dans CERTU, *Les logiciels de planification des déplacements urbains*, Lyon, Collections du CERTU, 1999, p. 27-33: On y apprend qu'à la fin des années 1990, environ 60 licences du logiciel étaient en service (in *ibid.*, p. 28).

<sup>1298</sup> Voir CETE Méditerranée et CERTU, *CartOpera, Logiciel de prévision et d'affectation de trafic urbain*, Manuel de présentation, 2000.

<sup>1299</sup> ALMA est créée en 1979 par des chercheurs de l'université de Grenoble en mathématiques appliquées. Jean-Pierre Uhry, auteur du modèle EVARAU à la fin des années 1960 et le père de TERESE au début des années 1970 (ch. 9) figure parmi les fondateurs d'ALMA.

<sup>1300</sup> SEMALY (Société d'Economie Mixte du Métropolitain de l'Agglomération Lyonnaise), créée en 1968, est devenue une Société d'Economie Mixte le 12 mars 1970. La Société est chargée de la réalisation du métro et des études relatives à l'ensemble du réseau de transports collectifs de la ville de Lyon. TERESE a servi à valider la réalisation de la ligne de métro A de Lyon. Sur la création de la SEMALY, voir Harold Mazoyer, « Le rôle des

autre modèle d'affectation créé par l'ingénieur du corps des ponts et chaussées François-Léon Barbier de Saint-Hilaire devenu aussi classique à l'intérieur de l'Hexagone (ch. 9) et utilisé massivement à partir du début des années 1970 pour les voitures particulières cette fois, connaîtra aussi une série d'adaptations et d'évolutions (*infra*). Notons enfin que si l'on observe peu d'innovations de la part de l'Administration en ce qui concerne la modélisation proprement dite, les services techniques de l'Etat restent, en revanche, toujours actifs quant aux enquêtes ménages déplacements, réalisées en moyenne tous les dix ans dans le cas des grandes agglomérations<sup>1302</sup>.

Parallèlement, au niveau recherche, on assiste au développement de réflexions autour du concept de mobilité, grâce, en partie, aux résultats des enquêtes lancées dans le cadre de la modélisation à quatre étapes. Dès la fin des années 1970, on rencontre ainsi dans la littérature des références à l'approche dite « basée sur les activités » (ch. 7)<sup>1303</sup>. Ces réflexions sont accompagnées par une montée des critiques à l'égard de la modélisation telle qu'elle a été pratiquée dans les années 1960 et au début de la décennie suivante. On critique alors : le conservatisme des modèles, qui se borneraient à prolonger des tendances observées par le passé ; la tendance des modèles (ou des modélisateurs) à privilégier l'automobile, ce qui expliquerait également la faible place occupée par l'étape de choix modal dans les pratiques de modélisation, largement monomodales » ; le caractère séquentiel des modèles utilisés, caractère qui, s'il n'est pas de principe, est inscrit dans les usages (les étapes génération-distribution-répartition modale-affectation se succèdent sans feed-back) ; le caractère agrégé

---

expériences et méthodes étrangères dans la fabrication d'une expertise locale des transports urbains collectifs : le cas des études du métro de Lyon (1963-1971) », *Métropoles*, n° 6, 2009, p. 171-215.

<sup>1301</sup> CETUR, *Les Etudes de prévision de trafic en milieu urbain. Un outil pour l'aménagement urbain* (Fiche d'information n° 17), Bagnaux, 1989.

<sup>1302</sup> Sur l'état actuel de ce type d'enquête, voir : CERTU, *L'enquête ménages déplacements « standard Certu »*, Lyon, Editions de CERTU, juin 2008. Rappelons qu'à partir du milieu des années 1970, le financement des enquêtes ménages déplacements n'est plus assuré par le seul Etat central: des partenaires locaux y contribuent à hauteur de 50%. Sur l'histoire de ces enquêtes, voir Benoît Facq, *Les fondements statistiques de la science française des déplacements urbains. L'histoire des enquêtes ménages*, Mémoire pour l'obtention d'un Master 2 de Science politique, sous la direction de F. Bardet et G. Pollet, IEP de Lyon, septembre 2006.

<sup>1303</sup> Voir, par exemple : Patrick Bonnel, « Une méthode de révélation des besoins latents », *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 11-12, 1985, p. 101-122. Patrick Bonnel est ingénieur des travaux publics de l'Etat et auteur d'une thèse intitulée Les besoins latents de déplacements, Université d'Aix-Marseille II, 1985 ; Olivier Coutard, *Modèles de la mobilité quotidienne : présentation critique de l'approche basée sur les activités*, Mémoire pour l'obtention du D.E.A. Transport (ENPC/Université de Paris XII/Université de Paris I), Arcueil, INRETS, 1988 (directeur de stage : Jean-Pierre Orfeuill) ; le mémoire contient une très riche bibliographie. Pour une présentation de ces recherches sur la mobilité, voir, par exemple, la synthèse proposée par Jean-Pierre Orfeuill, *L'évolution de la mobilité quotidienne. Comprendre les dynamiques, éclairer les controverses*, Arcueil, INRETS, 2000.

des modèles (l'unité de base est la « zone » territoriale) : l'introduction de comportements moyens aurait ainsi tendance à masquer la grande hétérogénéité des attitudes des ménages ou des individus face aux déplacements ; l'absence de fondements théoriques, qui devraient être recherchés à un niveau « micro », du côté du comportement individuel<sup>1304</sup>. Soulignons que si ces critiques sont communes de part et d'autre de l'Atlantique, contrairement à ce qui s'est passé en Amérique du Nord (voir plusieurs des chapitres précédents), elles ne produiront pas en France une modélisation alternative.

*Natura abhorret a vacuo* : la place laissée vacante par l'Etat français en matière de modélisation des déplacements urbains est vite prise par le secteur privé, qui deviendra, à partir des années 1980, le vecteur principal des changements introduits dans ce champ de modélisation en France.

Au niveau du formalisme mathématique des modèles, parmi les changements enregistrés en France durant la période post-1980 figure l'arrivée de la *modélisation désagrégée* (ch. 3). Si des références (à) et des commentaires sur la modélisation désagrégée, voire des tentatives de la part de modélisateurs français de construire des modèles s'inspirant de premières réflexions «anglo-saxonnes» en la matière, peuvent être repérés dans des documents dès la fin des années 1960 et au début de la décennie suivante<sup>1305</sup>, ce type de modélisation arrive véritablement en France au début des années 1980 pour monter en puissance dans les années 1990-2000.

---

<sup>1304</sup> Pour une présentation de ces critiques (et une bibliographie), voir, entre autres : P. Merlin, *La planification des transports urbains, enjeux et méthodes*, Paris, Masson, 1984, p. 175-185; Michel Le Nir, *Les modèles de prévision de déplacements urbains*, Thèse nouveau régime, Université Lumière Lyon 2, 1991, Partie II, ch. 1.

<sup>1305</sup> C'est le cas du modèle dit BIREG, développé à CERAU par Philippe Rochefort, diplômé de l'Ecole centrale de Lyon en 1967 (voir, par exemple : P. Rochefort, « The Demand for Inter-Urban Transport Econometric and Psycho-Sociological Approaches », *PTRC Symposium Proceedings, Models of traffic outside towns*, 12-15 mai 1970, Amsterdam, Bournemouth, 1971, p. 47-50; A. Danet, P.-T. Lang, J.-M. Netter, *Etude du choix du mode de transport par les habitants de quelques quartiers de Marseille*, Arcueil et Paris, IRT-CERAU, 1970). C'est aussi le cas du travail de Marc Doizon, « Développement, programmation, et application d'un module de répartition modale en milieu urbain », (doctorat de spécialité (3<sup>e</sup> cycle)), Université d'Aix-Marseille, Institut d'Aménagement régional d'Aix-en-Provence, 1974. Les deux auteurs puisent dans le travail pionnier de Stanley L. Warner, *Stochastic Choice of Mode in Urban Travel: A Study in Binary choice*, Evanston, Northwestern University Press, 1962 (voir ch. 3 de ce rapport). Des références et des passages relatifs à la modélisation désagrégée se trouvent aussi dans des documents pédagogiques parus dans la seconde moitié des années 1970. Voir, par exemple, Hervé de la Morsanglière, *Analyse et prévision de la demande de transport (transport de personnes)*, Eléments de cours, ENTPE, janvier 1978, p. 105-111.



Le contexte des années 1980 et, surtout celui de la décennie suivante, est en effet propice à l'utilisation de cette nouvelle approche de modélisation des déplacements urbains. En France, comme ailleurs, les grandes infrastructures urbaines lourdes – autoroutes urbaines, transports collectifs sur site propre comme le métro – étant en grande partie achevées, les politiques en matière de déplacements portent alors de plus en plus sur la gestion de l'« existant ». Ce changement de focale, observé aussi dans le cas des Etats-Unis (ch. 3), s'effectue en France dans le contexte particulier de la décentralisation du début des années 1980. La connaissance de la structure fine des déplacements réalisés à l'intérieur des villes françaises, condition indispensable pour une gestion optimale des infrastructures urbaines en place, devient ainsi dans les années 1980 un enjeu politique local important, dans la mesure où le transfert de compétences de l'Etat central vers les collectivités territoriales fait désormais de celles-ci les décideurs centraux en matière d'aménagement urbain. Les villes doivent alors disposer d'instruments adaptés à des prises de décision rapides en matière de politique de transport dans un contexte où les grands travaux d'infrastructures deviennent, nous avons déjà eu l'occasion de le souligner, de plus en plus rares. En permettant d'obtenir, grâce à la modélisation des comportements individuels, des réponses à des questions du type: « si on fait ceci : par exemple, jouer sur le tarif des transports en commun, sur le coût de stationnement, le coût des carburants etc., que peut-il se passer en matière des déplacements ? », la modélisation désagrégée se présente alors comme l'exemple même de ce type d'instrument recherché par le décideur (ch. 3).

Une autre série d'évolutions générales accroîtra par ailleurs l'intérêt que la modélisation désagrégée peut présenter aux yeux des collectivités territoriales. Ainsi la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI) du 30 décembre 1982 renforce les effets de la décentralisation en matière de transports urbains par la promotion des Plans de Déplacements Urbains (PDU)<sup>1306</sup>, qui promeuvent une vision *multimodale* du système de transport dans la ville. L'évolution des problématiques marquées par les nouveaux PDU – ceux-ci deviennent obligatoires en 1996 pour les agglomérations dépassant les 100 000 habitants<sup>1307</sup> et

---

<sup>1306</sup> Sur la LOTI, et plus généralement sur les évolutions en matière de planification des transports urbains dans les années 1980, voir entre autres, Pierre Lassave et Jean-Marc Offner, « Urban transport: changes in expertise in France in the 1970s and 1980s », *Transport Review*, vol. 9, n° 2, 1989, p. 119-134.

<sup>1307</sup> Sur l'expérience des premiers PDU, voir Pierre Lassave, *L'expérience des plans de déplacements urbains (1983-1986)*, Bagnaux, CETUR, juillet 1987. Fin 2007, on recensait 110 démarches de PDU au total, alors que 40 villes avaient élaboré un PDU avant 1997 (Ch. Duchêne et O. Crépin, « Les Plans de Déplacements Urbains à la recherche d'un second souffle », *TEC*, n° 198, p. 25-35). Sur la démarche PDU, voir aussi le travail de

engendrent une forte demande d'expertise pendant la période 1995-2000 – ainsi que la volonté politique d'une plus grande maîtrise de la voiture au profit des autres modes de transport – volonté traduite dans les années 1990 par une série de lois importantes<sup>1308</sup> –, suscitent aussi de nouveaux besoins en matière de modélisation<sup>1309</sup>. En particulier, la question de la modélisation de la répartition modale – à savoir la 3<sup>e</sup> étape de la modélisation à quatre étapes : voiture versus transport en commun – devient cruciale dans ce contexte, et renforce l'intérêt pour l'approche désagrégée, qui offre, sur ce point particulier et par rapport à l'approche agrégée pratiquée jusqu'alors en France, des avantages substantiels<sup>1310</sup>.

Appelée par les évolutions que nous venons de présenter brièvement, la modélisation désagrégée arrive sur le sol français au début des années 1980 et s'installe depuis sur un terrain propice pour son usage durable. Son introduction dans le paysage de la modélisation des déplacements urbains est faite par deux voies qui ne communiquent pas nécessairement. La première est celle de la recherche : quelques chercheurs ont ainsi consacré à la modélisation désagrégée des travaux universitaires, sans que ceux-ci débouchent nécessairement sur des applications immédiates<sup>1311</sup>. La seconde voie de pénétration en France

---

synthèse et les réflexions de J.-M. Offner, *Les Plans de Déplacements Urbains*, Paris, La Documentation Française, 2006.

<sup>1308</sup> Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) du 30 décembre 1996, qui remet officiellement en cause la logique de développement de l'offre motorisée. Même orientation dans la loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbains (SRU) du 13 décembre 2000.

<sup>1309</sup> Sur l'utilisation de la modélisation dans la confection des PDU, notamment ceux de la deuxième génération après LAURE (1996), voir, entre autres : le dossier très fourni de la *Revue Générale des Routes*, n° 773, mai 1999, qui contient plusieurs études de cas ; GESMAD, *Bilan des pratiques et attentes de modélisation des collectivités locales*, *op. cit.*

<sup>1310</sup> Avant le développement des approches désagrégées, on utilisait en France pour le partage modal des « grilles de partage » ou la « courbe de partage modal » : à partir de données d'enquêtes sur l'utilisation de différents moyens de transports, ou par analogie avec ce qui se passait dans des agglomérations analogues, on définissait alors le pourcentage d'utilisation des véhicules particulières et des transports en commun. Voir, par exemple, CETUR, *Les études de prévision de trafic en milieu urbain. Guide technique*, Bagneux, 1990, p. 32-33.

<sup>1311</sup> Voir : C. Raux, *Modèles de prévision des comportements de mobilité quotidienne*, Thèse de docteur-Ingénieur, Université Lyon II–Ecole nationale des travaux publics de l'Etat, 1983 ; L. Hivert, *Modélisation de la demande de transport : présentation critique de l'outil désagrégé*, DEA de Recherche Opérationnelle, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 1985 ; Pascal Bouyau, « Modélisation désagrégée des transports urbains : une application à la ville de Rennes », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n° 5, 1988, p. 783-809 ; Pascal Bouyau, *Modélisation behavioriste de la demande de transport urbain : problèmes théoriques et application empirique à la ville de Rennes*, Thèse de doctorat, Université de Rennes I, 1988 ; D. Chevrolet, *Deux études de transport urbain : Ordonnancement des phases d'un carrefour ; modèles désagrégés de déplacements dans l'agglomération grenobloise*, Thèse de doctorat (3<sup>e</sup> cycle), Université de Grenoble, 1986 (dans sa thèse, l'auteur prolonge les travaux de modélisation menés au début des années 1980 à Grenoble avec la participation du bureau d'études étranger Cambridge Systematics Europe, voir *infra*). Voir aussi : M. Manheim et M. Ben Akiva, « Les modèles désagrégés », dans E. Quinet (dir.), *La demande de Transport*, Paris, ENPC, 1982, p. 119-134 ; A. de Palma et J.-F. Thisse, « Les modèles de choix discrets », *Annales d'économie et de statistique*, n° 9, 1987, p. 151-190.

des modèles désagrégés passe par une série d'applications pratiques et est davantage le fait de praticiens, plus précisément de quelques bureaux d'études étrangers. Vu le contexte général décrit précédemment, on comprend que les premiers demandeurs de modélisation désagrégée est une compagnie de transports collectifs et une ville.

Ainsi la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP), qui avait déjà développé en interne – au sein de la Direction des Etudes Générales dirigée à l'époque par un ancien modélisateur de SEMA, Bernard Labbe<sup>1312</sup> – dans la première moitié des années 1970 un modèle de nature agrégé, nommé GLOBAL<sup>1313</sup>, fait appel au début des années 1980 à la filiale européenne du bureau d'études américain Cambridge Systematics (ch. 3), Cambridge Systematics Europe – devenu, en 1985, le Hague Consulting Group (HCG)<sup>1314</sup> – pour développer une modélisation désagrégée portant sur la question du choix modal : il s'agit du modèle IMPACT, opérationnel depuis 1984<sup>1315</sup>.

La seconde expérience française en matière de modélisation désagrégée concerne la ville de Grenoble ; elle a été menée, pour l'essentiel en 1982 et 1983, par un groupe de travail comprenant plusieurs partenaires : des acteurs publics, comme le CETE de Lyon et l'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise (pour la partie collecte des données), l'Institut d'Informatique et Mathématiques appliquées de Grenoble (IMAG) et la société ALMA et, enfin, le bureau d'études Cambridge Systematics Europe, qui était responsable du développement du modèle. Ce dernier est d'abord utilisé pour évaluer les reports modaux induits par différentes politiques testées : hausse du coût des carburants, remboursement des

---

<sup>1312</sup> Sur Bernard Labbe, un diplômé de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris (1959), voir son CV : <http://membres.multimania.fr/bernardlabbe/cvpro.pdf> (29 mars 2013).

<sup>1313</sup> Sur GLOBAL, voir : Bernard Labbe et Claude Scherrer, « Un modèle global pour l'évaluation des projets d'extension des réseaux de transport public en région parisienne », dans AFCET (éd.), *Traffic Control and Transportation Systems*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1974, p. 677-688. GLOBAL est d'abord testé avec succès après la mise en route du tronçon central de la ligne A en décembre 1977 et a été largement utilisé depuis en dehors du site parisien. Voir GESMAD, *Evaluation des modèles de prévision de trafic*, Rapport final, 2000, p. 36.

<sup>1314</sup> La partie essentielle du HCG est absorbée à son tour, en 2001, par RAND Europe. Sur les modèles développés par Hague Consulting Group, voir, entre autres, James Fox, Andrew Daly et Hugh Gunn, *Review of RAND Europe's Transport Demand Model Systems*, Santa Monica, RAND, 2003.

<sup>1315</sup> Voir, entre autres : RATP et Cambridge Systematics, *Etudes des politiques de transport en région Ile-de-France: mise au point et utilisation des modèles désagrégés de choix modal*, Paris, RATP-Direction Générale des Etudes, juin 1982 ; RATP et Cambridge Systematics Europe, *Estimation et application de modèles désagrégés de choix de mode et de destination pour les déplacements "autres motifs" basés sur le domicile*, Paris, RATP-Direction du Développement, janvier 1985; Jacqueline Rousseau et Catherine Saut, « Un outil de simulation de politiques de Transport: IMPACT 3 », *Revue Générale des Chemins de fer*, décembre 1997, p. 77-83.

trajets « domicile travail » en transports en commun, doublement du coût des parkings. Il a aussi été utilisé pour tester l'effet sur la répartition modale de la première ligne de tramway qui devait être mise en service sur l'agglomération. L'expérience grenobloise a ensuite été « transférée » à Nantes<sup>1316</sup>. Cette étude et ses suites illustrent aussi la transition de l'informatique lourde de la période précédente à la micro-informatique d'aujourd'hui. Ainsi dans un premier temps les différentes données étaient disponibles sur bandes, et la machine qui centralisait cette information était l'Honeywell-Bull Multics de l'université de Grenoble. Le traitement des données était fait avec des programmes FORTRAN. Pour l'estimation et l'analyse du modèle désagrégé (de type logit), une série de programmes informatiques, appelée SLOGIT (version 1982), a été utilisée ; ces programmes ont été développés par Cambridge Systematics et écrits en FORTRAN, langage classique pour les gros ordinateurs de l'époque. Postérieurement à cette étude, l'ensemble de ces programmes a été réécrit et amélioré. Les travaux ultérieurs réalisés en France ont ainsi utilisé cette nouvelle version appelée ALOGIT (1984). Parallèlement, le travail se faisait sur des micro-ordinateurs, à l'aide d'un programme écrit en Pascal pour l'Apple II et l'Apple III. Le travail de conception a été réalisé par Cambridge Systematics à La Haye et à Londres, et les applications à Londres et à Grenoble.

Pour compléter la chronique de l'introduction de la modélisation désagrégée en France dans les années 1980, signalons enfin une étude menée entre janvier et septembre 1987 à l'INRETS dans le cadre de la prévision de trafic du futur système ORLYVAL, destiné à desservir l'aéroport d'Orly près de Paris. Dans l'équipe du projet, on trouve un autre bureau d'études étranger, le groupe britannique MVA Consultancy<sup>1317</sup> ainsi que le Centre de Recherche sur les Transports (CRT) de l'université de Montréal (sur CRT, voir ch. 4)<sup>1318</sup>.

---

<sup>1316</sup> Voir : CETUR, *Les déplacements domicile-travail et domicile-école. Modèles désagrégés de choix modal. Application au cas de l'agglomération de Grenoble*, 1985 (sur la couverture du rapport, on lit que : « Ce rapport a été rédigé en version anglaise par Monsieur A.J. Daly, de Cambridge Systematics Europe B.V. ») ; MELATT, CETUR, CETE de Lyon, CETE de l'Ouest, *Modèles désagrégés : principes généraux, méthodologie, applications (Grenoble, Nantes)* (Journées de rencontre sur les modèles désagrégés, 10-11 juin 1986), 1986.

<sup>1317</sup> Rappelons que les origines de MVA Consultancy remontent à 1961, année où Alan Manners Voorhees (1922-2005) crée le bureau d'études « Alan M. Voorhees and Associates » (ch. 2). En 1976, la filiale européenne de ce bureau, fondée en 1968, est devenue « Martin and Voorhees Associates ». En 1983, la direction de « Martin and Voorhees Associates » rachète le bureau de ses propriétaires américains, et la compagnie change son nom en MVA. En 1993, MVA est racheté par la compagnie française SYSTRA. Informations tirées des sources suivantes : « Brian John Whitley Large », *Transportation*, vol. 17, n° 4, 1990 (publié en 1991), p. 331 ;

<http://www.mvaconsultancy.com/company/history.htm> (28 mars 2013).

<sup>1318</sup> L. Hivert, J.-P. Orfeuil, P. Troulay, *Modèles désagrégés de choix modal : réflexions méthodologiques autour d'une prévision de trafic*, Rapport n° 67, Arcueil, INRETS, 1988.

Dans les années 1990, d'autres organismes français font appel à la modélisation désagrégée, toujours par l'intermédiaire de bureaux d'études étrangers, qui créent par ailleurs leurs premières antennes françaises. Fin 1994, la RATP décide de réaliser un nouvel outil de simulation qui actualiserait son ancien logiciel IMPACT (voir *supra*) ; pour cela, elle fait appel au bureau d'études MVA Consultancy, qui livre le produit final en 1996. Il s'agit d'IMPACT 3, un modèle désagrégé de choix de mode et de destination<sup>1319</sup>. En 1996-1997, la même société MVA réalise, pour le compte du CERTU et sur financement public ADEME-CERTU, une étude sur Lyon qui fait également intervenir la modélisation désagrégée<sup>1320</sup>. De son côté, le Syndicat des Transports de l'Ile-de-France (STIF) fait appel au bureau Hague Consulting Group (ex-Cambridge Systematics Europe), qui développe en 1994-1995 pour l'Ile-de-France le modèle ANTONIN (Analysis of Transport Organisation and New Infrastructure), composé d'une série de modèles désagrégés<sup>1321</sup>. Un acteur central de la modélisation dans les années 1960, l'IAURIF (ex-IAURP et actuellement IAU-îdf) enfin, les yeux rivés sur les Etats-Unis de nouveau, s'engage à la fin des années 1990 au développement en interne d'un modèle désagrégé de choix modal<sup>1322</sup>.

Signalons enfin que, outre les modèles désagrégés que nous venons de mentionner, construits pour la plupart d'entre eux « sur mesure » pour un certain nombre de « grands » clients, la modélisation désagrégée sera utilisée de façon plus banale en France après le milieu des années 1990 grâce à l'arrivée d'une série de logiciels commercialisés qui permettent à leurs utilisateurs de pratiquer ce type de modélisation (voir *infra*)<sup>1323</sup>.

---

<sup>1319</sup> Concernant IMPACT 3, voir J. Rousseau et C. Saut, « Un outil de simulation de politiques de Transport: IMPACT 3 », *op. cit.*

<sup>1320</sup> CERTU et ADEME, *Comportements de déplacement en milieu urbain : les modèles de choix discrets. Vers une approche désagrégée et multimodale*, *op. cit.*

<sup>1321</sup> Neïla Bhourî, *Intermodalité : Bilan et perspectives des systèmes informatiques*, Arcueil, INRETS, février 2002, p. 66-70 ; J. Fox *et al.*, *Review of RAND Europe's Transport Demand Model Systems*, *op. cit.*, p. 41-55 ; Jan Gerrit Tuinenga, Marits Pieters (RAND Europe) et Laurence Debrincat (STIF), « ANTONIN: updating and comparing a transport model for the Paris Region », *Association for European Transport and contributors 2006* (<http://www.etcproceedings.org/paper/download/1571>) (27 décembre 2011).

<sup>1322</sup> Dany Nguyen-Luong, *Recherche sur le choix modal en milieu urbain*, Paris, IAURIF, juin 2000. L'auteur du modèle a effectué entre septembre et novembre 1999 un séjour aux Etats-Unis pour s'informer de l'état de la pratique dans ce pays dans ce domaine de la modélisation (voir Dany Nguyen-Luong, *Modèles de prévision de trafic aux Etats-Unis. Application à l'élaboration des plans de transports régionaux*, Paris, IAURIF, janvier 2000).

<sup>1323</sup> Cela étant, d'après Patrick Bonnel, chercheur au LET et professeur à l'Ecole nationale des travaux publics de l'Etat (ENTPE), il paraît qu'au début des années 2000 encore, « aggregate models are still in more common

Comme la modélisation désagrégée, une autre nouveauté en matière de modélisation des déplacements urbains, la modélisation dite stratégique, s'est développée d'abord à l'étranger dans les années 1980 – villes de Birmingham, Londres et Edinbourg –, avant d'arriver en France au milieu des années 1990<sup>1324</sup>. Les modèles stratégiques ont pour vocation de s'intéresser aux déplacements de façon plus schématique que les modèles classiques (le nombre des zones de découpage peut être, par exemple, divisé par dix) mais en prenant en compte plus de variables socio-économiques et une surface beaucoup plus grande, ce qui permet une compréhension à l'échelle régionale des déplacements induits par une agglomération. Ils ne remplacent pas les modèles classiques mais peuvent être utilisés pour tester rapidement les nombreux scénarii envisagés et faire diminuer considérablement le nombre des options qui seront examinées ensuite par la modélisation « classique ».

L'acteur central de la modélisation stratégique en France est aussi une entreprise privée, française cette fois, SEMALY (voir *supra*), qui devient bureau d'études privé en 1992 et prend, suite à une fusion, le nom d'Egis Rail en 2007. Au milieu des années 1990, SEMALY développe sur Lyon un modèle stratégique appelé MOSTRA (MOdèle STRAtégique), avec l'aide d'un centre de recherche, le Laboratoire d'Economie des Transports (LET), et sur financement du ministère de l'Équipement et d'acteurs publics locaux. Dès 1995, un prototype a été réalisé, suivi en 1996 d'un modèle opérationnel, lequel a été adapté, à son tour, en 1997-1998 sur les villes de Grenoble et de Bordeaux. Par la suite, un développement supplémentaire du modèle a été réalisé sur Bordeaux en 2001-2002, avec l'apparition de la 3<sup>e</sup> génération de MOSTRA<sup>1325</sup>. MOSTRA est aussi utilisé, en couplage avec DAVISUM –

---

use than disaggregate approaches, even for modal split » (Patrick Bonnel, « The estimation of aggregate modal split models », *Association for European Transport 2003*

([www.etcproceedings.org/paper/download/736](http://www.etcproceedings.org/paper/download/736) : 27 décembre 2011).

<sup>1324</sup> Sur la modélisation stratégique, voir par exemple : A.S. Fowkes, A.L. Bristow, P.W. Bonsall and A.D. May, « A Short-cut Method for Strategy Optimisation Using Strategic Transport Models », *Transportation Research Part A*, vol. 32, n° 2, 1998, p. 149-157; pour le contexte français, voir S. Masson, « Interactions entre système de transport et système de localisation : de l'héritage des modèles traditionnels à l'apport des modèles interactifs de transport et d'occupation des sols », *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 33, 1998, p. 79-108.

<sup>1325</sup> Sur MOSTRA voir, entre autres : Vincent Lichère, « Le modèle stratégique de simulation des déplacements », *Revue Générale des Routes*, n° 773, *op. cit.*, p. 45-46 ; LET-SEMALY (Rapport établi par Ch. Raux), *Modèle stratégique de déplacement de l'agglomération lyonnaise (MoStraLyon version 1) : Tests de sensibilité, erreurs et incertitudes liées à la prévision*, Lyon, janvier 1998 ; CERTU, *Modèle multimodal de l'agglomération bordelaise. Analyse des principales caractéristiques du modèle MOSTRA*, Lyon, décembre 2007.

logiciel d'affectation conçu et commercialisé par la société allemande PTV (*infra*) –, dans le cas des politiques de transport du Grand Clermont<sup>1326</sup>.

L'emprise du secteur privé dans le champ de la modélisation des déplacements urbains en France est renforcée après les années 1980 par le développement d'un autre phénomène important, que nous avons longuement étudié quand on s'est penché sur le cas nord-américain : la création et la commercialisation par des firmes privées, dont certaines assurent également des fonctions de bureau d'étude, de logiciels traduisant sous forme informatique les différents modèles de déplacements urbains tout en offrant à leurs utilisateurs des outils pour leur mise en œuvre effective (calibration, validation, présentation graphiques de résultats, etc.) (ch. 4)<sup>1327</sup>. D'origine étrangère, dont nord-américaine pour une bonne partie d'entre eux, ils sont aujourd'hui en France d'un usage généralisé à la fois par les acteurs publics et par les bureaux d'études privés<sup>1328</sup>.

Parmi les premiers logiciels commercialisés relatifs à la modélisation de déplacements urbains qui arrivent en France figure EMME/2 (Equilibre Multimodal/Multimodal Equilibrium) (ch. 4), dont le module « affectation » est testé à la fin des années 1980, comparativement avec le

---

<sup>1326</sup> CETE de Lyon, *Le modèle multimodal du Grand Clermont. Fiche Technique*, Bron, août 2008.

<sup>1327</sup> Voici comment se présente la situation en France à la fin des années 1980 en matière de logiciels disponibles sur micro-ordinateur : logiciel OPERA, développé par le CETE Méditerranée, logiciel DAVIS, logiciel TERESE, logiciel EMME/2 (voir CETUR, *Les études de prévision de trafic en milieu urbain* (Fiche d'information 17), Bagnaux, décembre 1989 ; et CETUR, *Les études de prévision de trafic en milieu urbain. Guide Technique, op. cit.*, p. 41, p. 43, p. 44. D'après un praticien, le modèle FABER, dont les origines remontent dans la seconde moitié des années 1960, est encore régulièrement utilisé (avec le modèle OPERA) à la fin des années 1980, alors que EMME/2 est jugé d'« apparition encore récente en France » (voir A. Boeswillwald, « Introduction au débat : les outils disponibles et les besoins d'améliorations », *Déplacements*, n° 4, 1990, p. 35-36 (p. 35)).

<sup>1328</sup> Sauf mention explicite, nous puisons les informations sur les logiciels utilisés en France depuis le début des années 1990 dans les documents suivants : CERTU, *Les logiciels de planification des déplacements urbains, op. cit.* ; GESMAD, *Bilan des pratiques et attentes de modélisation des collectivités locales, op. cit.* ; CETE de Lyon, *Coûts et processus d'élaboration d'un modèle multimodal : enseignement de différentes expériences*, Bron, mai 2005 ; CETE de Lyon, *Le modèle multimodal du Pays de Montbéliard. Fiche Technique*, Bron, août 2008 ; CETE de Lyon, *Modèle multimodal des déplacements de la région grenobloise*, Lyon, août 2008 ; CETE Méditerranée, *Pratiques de modélisation dynamique du trafic dans les agglomérations*, Aix-en-Provence, août 2009. Notons aussi que plusieurs CETE (de l'Ouest, Nord Picardie, de Lyon, du Sud-Ouest, Méditerranée) ainsi que le CERTU sont aussi clients du logiciel HieLoW, un algorithme qui assure l'estimation des modèles logit multinomiaux et hiérarchiques par la méthode du maximum de vraisemblance, issu du milieu académique dans les années 1990 et distribué par la société belge STRATEC (<http://www.stratec.be/site/HielowFR.htm> (29 mars 2013)).

modèle français DAVIS, par le CETE Méditerranée pour le compte du CETUR<sup>1329</sup>. Plusieurs CETE et collectivités territoriales ont eu recours à et/ou utilisent toujours EMME/2 : citons, par exemple, le CETE Méditerranée et le CETE Nord-Picardie ainsi que les collectivités territoriales de Bordeaux, Lille, Montpellier, Marseille et Toulon. Un autre logiciel largement présent en France depuis les années 1990 et également d'origine étrangère est TRIPS, associé au bureau d'études MVA<sup>1330</sup>. TRIPS a été et/ou est toujours utilisé par les villes de Strasbourg et de Lyon ainsi que par les agglomérations azuréenne et stéphanoise. Le modèle (agrégé) à quatre étapes de la Direction régionale de l'Équipement Ile-de-France (MODUS : ch. 9)) a été développé dans sa version de 1997 sur la base du logiciel TRIPS. Jusqu'en 1999, on enregistrait plus d'une vingtaine d'applications de TRIPS en France. Parmi les autres logiciels d'origine étrangère utilisés dans les années 1990 en France, on peut citer aussi MinUTP, d'origine américaine, figurant à l'époque parmi l'un de logiciels de planification de transport les plus répandus dans le monde<sup>1331</sup>. IAURIF (actuellement IAU-idF) avait acheté le logiciel américain MinUTP à cette époque<sup>1332</sup>, alors qu'ANTONIN, le modèle désagrégé du STIF (*supra*), se sert du logiciel TP+, successeur de MinUTP. Quant au POLYDROM, logiciel développé depuis 1977 par Casimir Rham, au sein de la société Systems Consult à Monaco, aujourd'hui disparu, il a été utilisé en sous-traitance par la ville de Brest.

Les logiciels conçus et commercialisés par le bureau d'études allemand PTV – première appellation : « Planungsbüro Transport und Verkehr GmbH » – méritent une mention particulière. Créé en 1979 par des universitaires d'« Institut für Verkehrswesen » de

---

<sup>1329</sup> Le test n'a pas fait apparaître de différences significatives dans des configurations faiblement saturées. Voir CETUR, *Les études de prévision de trafic en milieu urbain. Guide Technique*, Bagnex, 1990, p. 43. Plus récemment, EMME/2 a été comparé avec l'autre modèle phare de la modélisation française des années 1970, TERESE (voir Cécile Godinot, *TERESE, les hirondelles et les marguerites: prévisions de trafic pour le tramway de Montpellier – confrontation à la réalité et à une modélisation alternative sous Emme/2*, Rapport de stage, "DESS Transports urbains et régionaux de personnes", Lyon, 21 septembre 2004. TERESE avait déjà fait l'objet de plusieurs évaluations : voir: Xavier Godard, "La modélisation de la demande en transport collectif urbain", dans *Rapport de la 58ème table ronde d'économie des transports : Bilan de la modélisation de la demande*, Paris, Conférence Européenne des Ministres des Transports, 1982, p. 49-64); C. Berenguer, *L'évaluation de la modélisation des trafics sur la ligne D du métro de Lyon*, *op. cit.*

<sup>1330</sup> Sur les origines américaines du TRIPS, voir le chapitre 4 de ce document. Rappelons que depuis le début des années 2000, TRIPS fait partie, avec une série d'autres logiciels (TP+, MinUTP, TRANPLAN...), du « paquet » CUBE, développé et commercialisé par Citilabs, entreprise fondée en 2001 suite à la fusion de la division « Software » du bureau MVA et de la société américaine « Urban Analysis Group » (ch. 4). Citilabs fait partie aujourd'hui de la firme française SYSTRA.

<sup>1331</sup> Sur MinUTP, voir le chapitre 4 de ce document.

<sup>1332</sup> D. Nguyen-Luong, *Recherche sur le choix modal en milieu urbain*, *op. cit.*, p. 9.



l'université de Karlsruhe, avec laquelle la firme garde des rapports privilégiés<sup>1333</sup>, PTV est très présent désormais sur le sol français et ses produits ont connu un grand succès en France ces dernières années : les villes de Grenoble, Clermont-Ferrand, Lyon, Paris, Toulouse, Nantes et Rennes ainsi que l'IAU-IdF figurent parmi les collectivités et organismes qui utilisent les logiciels de cette société allemande (notamment DAVISUM)<sup>1334</sup>. Dans les années 1990, un accord entre Barbier de Saint-Hilaire, le créateur de DAVIS (*supra*), et la firme débouche, vers 1998, sur l'intégration des éléments du modèle français (péages et congestion) à la chaîne de modélisation (à quatre étapes) du produit VISEM/VISUM de la firme allemande, développé dans les années 1980<sup>1335</sup>. Ce produit avait l'avantage d'être un modèle multimodal et, qui plus est, déjà présent sur le marché international. Ainsi le nouveau logiciel créé, appelé VISEM/DAVISUM offrait une chaîne complète de modélisation, multimodale de surcroît. La même société PTV a intégré plus récemment dans son logiciel DAVISUM une autre production française, en rachetant au début des années 2000 le modèle d'affectation dynamique METROPOLIS (voir *infra*)<sup>1336</sup>.

Notons, enfin, l'arrivée récente en France du produit TransCAD de la société américaine « Caliper » (ch. 4). Ici aussi, le rôle du secteur privé s'est avéré décisif pour l'importation et l'usage de ce logiciel en France. L'Administration s'est dotée, en effet, du TransCAD en 2003, et le logiciel en question a été adapté à ses besoins avec le développement de modules complémentaires, appelés « les modules SETRA de TransCAD ». Ces modules ont été

---

<sup>1333</sup> Sur PTV, voir : le site de la firme <http://www.ptvgroup.com/de/home/> (28 mars 2013) ; Eric Baye (en collaboration avec Jean-Michel Cusset), *L'ingénierie-conseil de prévision et de régulation du trafic en Allemagne et en Suisse germanophone*, Rapport pour le compte de la DRAST, Lyon, janvier 1995 ; Yann Berard, *Gouverner à distance : ingénierie-conseil, bureaucratie technique et transnationalisation des politiques publiques en Europe*, Thèse de doctorat, Université de Rennes I, novembre 2009. Sur les logiciels de la société allemande, voir M. Fellendorf, T. Haupt, U. Heidl et W. Scherr, « PTV Vision: activity-based micro-simulation model for travel demand forecasting », dans F. Ettema et H.J.P. Timmermans (éd.), *Activity-based approaches to travel analysis*, Oxford, Pergamon, 1997, p. 55-72.

<sup>1334</sup> Au milieu des années 2000, les villes de Toulouse et de Grenoble ont acheté ce logiciel au prix de 37000 euros hors taxes pour une licence de 3000 zones. Le développement du modèle multimodal par PTV pour la ville de Toulouse était estimé d'un coût total de 365000 euros HT, hors coûts d'acquisition des licences du logiciel.

<sup>1335</sup> Module VISEM : génération, distribution et choix modal ; module VISUM : affectation. Au milieu des années 1990, on comptait plus de 200 utilisateurs du logiciel VISEM/VISUM, alors qu'une quarantaine de personnes étaient impliquées dans la production du software. Voir Eric Baye (en collaboration avec Jean-Michel Cusset), *L'ingénierie-conseil de prévision et de régulation du trafic en Allemagne et en Suisse germanophone*, *op. cit.*, p. 61. Sur l'incorporation des travaux de Barbier de Saint-Hilaire dans le logiciel de la firme allemande, voir François Barbier-Saint-Hilaire, Markus Friedrich, Ingmar Hofsaß, Wolfgang Scherr, *TRIBUT : A Bicriterion Approach for Equilibrium Assignment*, Karlsruhe, PTV, sans date, p. 3 notamment.

<sup>1336</sup> Institut d'Aménagement et d'Urbanisme Ile-de-France, *Projet SIMAURIF. Perfectionnement et valorisation*, Paris, juillet 2008, p. 15 ; et surtout le CV (février 2011) du père de METROPOLIS, André de Palma, disponible à l'adresse : <http://www.ces.ens-cachan.fr/Files/cvlong201102.pdf> (28 mars 2013), p. 4.

conjointement conçus par le bureau d'études français SETEC International et le producteur du logiciel, avant d'être distribués en CETE en 2006<sup>1337</sup>. En 2004-2005, SETEC International a aussi mis au point un modèle multimodal pour la ville de Toulon en utilisant TransCAD comme support.

Le paysage français de la modélisation des déplacements urbains dans les années 2000 est la résultante de toutes les évolutions qui viennent d'être décrites.

On soulignera d'abord l'importance des bureaux d'études privés<sup>1338</sup> – dont des bureaux d'études internationaux d'origine étrangère comme MVA et PTV, installés désormais dans plusieurs villes françaises<sup>1339</sup>. Ces bureaux d'études privés mobilisent massivement des logiciels commercialisés, d'origine étrangère pour l'essentiel, souvent développés et diffusés par des grands bureaux internationaux spécialisés dans la modélisation des déplacements urbains<sup>1340</sup>. Au début des années 2000, et avant l'arrivée en 2004 de PTV France, on comptabilisait ainsi en France six grands bureaux d'études ayant des compétences en matière de modélisation de déplacements urbains et oeuvrant à l'échelle nationale, à savoir : ISIS (maison mère EGIS/Caisse des Dépôts) ; MVA France (maison mère SYSTRA) ; SEMALY (maison mère EGIS/Caisse des Dépôts) ; SETEC ; Thalès I&C (maison mère Thalès) ; SYSTRA (maison mère SNCF et RATP). Quelque 150 personnes travaillaient alors au sein de ces structures dans le domaine de la planification des transports, sans pour autant que toutes soient nécessairement des modélisateurs<sup>1341</sup>.

---

<sup>1337</sup> SETRA, *Les outils d'évaluation des projets routiers : d'Ariane à TransCAD* (Rapports d'études), Paris, février 2010, p. 3 et p. 10.

<sup>1338</sup> Sur le paysage des bureaux d'études spécialisés dans la modélisation des déplacements urbains en France dans les années 1990 et au seuil de la décennie suivante, voir surtout les travaux suivants : Gilles Debizet, *Déplacements urbains de personnes : de la planification des transports à la gestion durable de la mobilité. Mutations d'une expertise*, Thèse de doctorat, Paris, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, 2004 ; les différentes recherches menées par Eric Baye, dont : Eric Baye (en collaboration avec Jean-Michel Cusset), *L'ingénierie-conseil de prévision et de régulation du trafic en France*, Rapport pour le compte de la DRAST, Lyon, mars 1995 ; Eric Baye et Gilles Debizet, *Des nouvelles problématiques urbaines à l'innovation de l'expertise transport/déplacement. Mise en parallèle et convergence: Allemagne – France – Royaume Uni*, Lyon, Rapport de recherche pour le compte de la DRAST, avril 2001.

<sup>1339</sup> PTV France, fondée en 2004, a son siège à Strasbourg et dispose d'une agence à Lyon. MVA dispose d'agences à Paris, Lyon, Marseille et Lille (voir les sites : <http://www.ptvgroup.com/fr/sites/ptv-france-traffic-fr/produits-et-services/> ; <http://www.mvaconsultancy.com/locations.html> (28 mars 2013)).

<sup>1340</sup> Rappelons que, depuis les années 1990, un processus de consolidation des produits offerts sur le marché mondial a eu lieu. Il en est résulté quatre grands « paquets » : CUBE par Citilabs 2) EMME par INRO 3) TransCAD par Caliper, et 4) VISION par PTV.

<sup>1341</sup> E. Baye et G. Debizet, *Des nouvelles problématiques urbaines à l'innovation de l'expertise transport/déplacement. Mise en parallèle et convergence: Allemagne – France – Royaume Uni*, op. cit., p. 38-45.

Du côté des villes et des régions, nombre d'entre elles entretiennent une certaine compétence technique en matière de modélisation. Les CETE, qui sont encore les dépositaires des modèles de plusieurs villes françaises, sont toujours présents dans le paysage actuel, mais la place qu'ils tiennent s'explique en grande partie par le rôle qu'ils ont joué dans la modélisation des déplacements urbains des années 1970 et 1980 (ch. 9). On trouve même des modélisateurs chevronnés ayant fait leur carrière au sein de ces structures qui sont prêts à déclarer que la modélisation en France constitue aujourd'hui un échec total, du moins en ce qui concerne l'Administration<sup>1342</sup>.

Quant à la recherche sur la modélisation des déplacements urbains – instituts de recherche, comme l'INRETS (aujourd'hui IFSTTAR), université, CNRS, grandes écoles d'ingénieurs –, ce sont les faibles effectifs et l'émiettement qui semblent la caractériser dans son ensemble<sup>1343</sup>. Soulignons néanmoins que, depuis une quinzaine d'années, grâce entre autres au soutien financier de la puissance publique, un processus d'intensification en matière de recherche peut être observé<sup>1344</sup>, processus impliquant plusieurs universités et centres de recherches, le plus souvent localisés en dehors de la région parisienne<sup>1345</sup>. Des résultats opérationnels encourageants sont déjà enregistrés, à l'instar du modèle d'affectation dynamique METROPOLIS<sup>1346</sup>, incorporé, comme nous l'avons vu, dans les produits

---

<sup>1342</sup> B. Facq, *Les fondements statistiques de la science française des déplacements urbains. L'histoire des enquêtes ménages*, op. cit., entretien n° 9.

<sup>1343</sup> Voir E. Baye, P. Blancher, A. Chi et V. Lichère, *Bilan de compétences des laboratoires de recherche français en matière de modélisation des déplacements de voyageurs et de marchandises*, Rapport de recherche, Ministère de l'Environnement (ADEME), 2002.

<sup>1344</sup> Mettant en oeuvre des tendances actuelles en matière de modélisation des déplacements urbains, observées au niveau mondial, et avec un certain retard par rapport à d'autres pays, la plupart des projets en question, même s'ils se différencient entre eux sur plusieurs points, partagent la même volonté de modéliser *l'interaction transport-urbanisation* (rappelons que la modélisation « classique », objet de notre travail, ne traite que de la partie « transport ») (sur l'interaction transport-urbanisation, voir l'Introduction de la section III). Sur ces recherches, on peut consulter l'ouvrage édité par J. Ph. Antoni, *Modéliser la ville : formes urbaines et politiques de transport*, Paris, Economica, 2011.

<sup>1345</sup> Signalons aussi que, contrairement à la période 1950-1980, peu d'ingénieurs des ponts et chaussées sont impliqués dans ce renouveau de la recherche en matière de modélisation des déplacements urbains. Citons néanmoins le cas de Fabien Laurent (polytechnicien de la promotion 1985), travaillant notamment sur des questions d'affectation, qui anime aussi une équipe au sein du LVMT, laboratoire commun à l'INRETS (maintenant IFSTTAR), l'École des ponts et chaussées et l'Université Marne-la-Vallée. Voir, par exemple : F. Laurent, « Curbing the Computational Fifficulty of the Logit Equilibrium Assignment Model », *Transportation Research Part B*, vol. 31, n° 4, 1997, p. 315-326 ; *Id.*, *Structures de réseau et modèles de cheminement*, Paris, Lavoisier, 2006.

<sup>1346</sup> Sur METROPOLIS, voir : THEMA/TT&R, CORE, RAND-EUROPE (HCG France), *Calage et résultats de simulations dynamiques sur des réseaux de grande taille*, Rapport final du projet QUATUOR, avril 2002 ; Fabrice Marchal, *Contribution to Dynamic Transportation Models*, Ph.D. Dissertation, Department of

informatiques de la firme allemande PTV<sup>1347</sup>. Développé en France par le centre de recherche THEMA/TT&R de l'université de Cergy-Pontoise, celui-ci est très cosmopolite. En effet, nous avons déjà rencontré le responsable du projet sur le sol américain : André de Palma, auteur d'une première thèse de doctorat en physique à l'Université Libre de Bruxelles sous la direction de I. Prigogine (prix Nobel de chimie en 1977), doublée d'une autre en économie en 1988 (Université de Bourgogne, 1988), a enseigné à plusieurs universités nord-américaines, dont la « Northwestern University » (1987-1991), avant d'atterrir à l'université de Cergy-Pontoise en 1994<sup>1348</sup>. Aux Etats-Unis, il a collaboré à plusieurs reprises avec Moshe Ben-Akiva, sur des questions relatives à l'affectation dynamique justement (ch. 8). On ne s'étonne pas à apprendre que le projet de recherche débouchant sur METROPOLIS est mené en collaboration, entre autres, avec Ben-Akiva et qu'il a bénéficié des conseils de plusieurs chercheurs étrangers dont un certain Daniel McFadden<sup>1349</sup>.

Quant à la formation des modélisateurs français, elle semble rester assez « artisanale », selon les termes utilisés par des acteurs du champ<sup>1350</sup>, basée sur l'apprentissage « sur le tas ». A en croire l'auteur d'un rapport publié en 1997, seuls un petit nombre d'entre eux « ont des bases théoriques solides leur permettant de concevoir d'autres emplois pour les logiciels-outils que ceux auxquels ils ont été formés »<sup>1351</sup>. Contrairement à ce qu'on a pu observer aux Etats-Unis, peu de formations scolaires spécialisées existaient au début des années 2000 en France. Outre quelques leçons de modélisation données à l'Ecole des ponts et chaussées, on peut mentionner

---

Economics, University of Cergy-Pontoise, décembre 2001 ; André de Palma et Robin Lindsey, « Modelling and Evaluation of Road Pricing in Paris », *Transport Policy*, vol. 13, 2006, p. 115-126.

<sup>1347</sup> Soulignons aussi que, récemment, Dynasim, un logiciel de microsimulation développé par la firme française Dynalogic et permettant une visualisation des flux modélisés sur un réseau de transport a été intégré dans le « paquet » CUBE de Citilabs (<http://www.citilabs.com/cube-dynasim-4> : 28 mars 2013). Sur Dynasim et des logiciels similaires (VISSIM par PTV, etc.), voir, par exemple, Gusri Yaldi, *The Use of CUBE Dynasim and aaSIDRA for the Analysis of a Signalized Intersection*, Master Thesis, School of Natural and Built environment, University of South Australia, janvier 2006 (disponible à l'adresse :

<http://arrow.unisa.edu.au:8081/1959.8/82753> : 28 mars 2013).

<sup>1348</sup> Quand je ne donne pas de précisions, je m'appuie sur le CV de l'auteur, disponible à l'adresse : <http://www.ces.ens-cachan.fr/Files/cvlong201102.pdf> (28 mars 2013).

<sup>1349</sup> THEMA/TT&R, CORE, RAND-EUROPE (HCG France), *Calage et résultats de simulations dynamiques sur des réseaux de grande taille*, op. cit., « Remerciements ».

<sup>1350</sup> Fabien Laurent, *Portée et limites des modèles de trafic*, Rapport pour le compte de la DRAST, Arcueil, INRETS, janvier 1996, ch. 3.

<sup>1351</sup> Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme/Conseil général des Ponts et Chaussées – Ministère de l'Économie et des Finances/Direction de la Prévision, *Transports urbains et calcul économique*, Document de travail, n° 97-1, Paris, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 1997, p. 73.

le cours de modélisation assuré conjointement par l'Université Lyon II et l'Ecole nationale des travaux publics de l'Etat (ENTPE)<sup>1352</sup>. Ici encore, la présence du secteur privé se fait sentir. Ainsi le bureau MVA prête gratuitement, pour des besoins de démonstration auprès des étudiants, son logiciel TRIPS aux responsables de ce cours, lesquels ont développé à leur tour au début des années 2000, grâce à un financement public, un didacticiel de formation à la modélisation de la demande de transport de personnes. Ce didacticiel, disponible sous forme de CD-ROM, est utilisé pour les besoins de ce cours mais il est adressé également à d'autres formateurs, voire à des professionnels qui souhaitent s'auto-former<sup>1353</sup>. Notons aussi parmi les personnes impliquées dans ce cours certaines qui sont aussi actives sur le front de la recherche en matière d'enquêtes sur les déplacements<sup>1354</sup>. A côté de ces formations universitaires, des offres ponctuelles de formation continue, destinées aux professionnels, sont dispensées par Ponts-formation, organisme affilié à l'Ecole des ponts et chaussées<sup>1355</sup>.

---

<sup>1352</sup> Sur ce cours, donné aujourd'hui dans le cadre du Master professionnel TURP (Transports Urbains et Régionaux de Personnes), voir : <http://www.let.fr/fr/enseignement/master/annee2/turp> (28 mars 2013).

<sup>1353</sup> Concernant ce didacticiel, voir, par exemple, Patrick Bonnel, « Transport modelling courseware », communication à l'atelier : « Building the transport profession – comparative approaches to training in Europe », Association for European Transport 2004

(disponible à l'adresse : <http://www.etcproceedings.org/paper/download/1047/>).

<sup>1354</sup> Voir par exemple : Patrick Bonnel et Michel Le Nir, « The Quality of Survey Data: Telephone versus Face-to-Face Interviews », *Transportation*, vol. 25, 1998, p. 145-167 ; Caroline Bayart et Patrick Bonnel, « Combining Web and Face-to-Face in Travel Surveys : Comparability Challenges », *Transportation*, vol. 39, 2012, p. 1147-1171.

<sup>1355</sup> Voir par exemple Ecole nationale des ponts et chaussées – Ponts Formation Edition, *Modélisation des déplacements*, session des 8-9 mars 2005, 9 fascicules consultables à la Bibliothèque de l'Ecole des ponts (cote FC 3992).



## CONCLUSION GENERALE

Mis bout à bout, les dix chapitres du document racontent la naissance et les métamorphoses successives d'un objet technico-scientifique, la modélisation des déplacements urbains, dans deux régions géographiques, l'Amérique du nord et la France, liées entre elles par plusieurs types de circulations. Dans cet « espace-temps », beaucoup d'événements ont eu lieu, que le lecteur a pu approcher de façon détaillée à l'intérieur de chaque chapitre. Des vues plus synthétiques, contenues dans les introductions des différentes sections, l'ont informé des tendances générales observées à l'intérieur des périodes particulières et pour chacune de deux régions étudiées. Ne voulant pas répéter ce qui a été déjà dit, nous allons consacrer la conclusion générale à la poursuite de deux objectifs originaux. Le premier consiste à mettre en regard les évolutions de la modélisation des déplacements urbains en Amérique du nord et en France, à souligner les similarités et les différences qui marquent les trajectoires observées des deux côtés d'Atlantique, à essayer enfin de rendre compte des spécificités nationales révélées par l'analyse. Cette lecture croisée est précédée par une vue panoramique sur l'évolution de la modélisation des déplacements urbains allant de ses origines à nos jours, qui, contrairement aux vues synthétiques proposées dans les introductions des sections qui portent sur des périodes et des places particulières, essaie d'embrasser dans la mesure du possible la totalité du parcours de notre objet d'étude dans le temps.

Commençons par le contenu de la modélisation. En tissant ensemble les fils trouvés dans les différents chapitres, deux grandes tendances se dégagent. Au fur et à mesure que l'on s'approche du présent, le mouvement général est nettement vers une *déségrégation croissante*. Ce mouvement embrasse à la fois la partie de la modélisation qui traite de la « demande » – le comportement et les décisions des personnes qui se déplacent – et celle qui porte sur l'« offre » – le système de transports. La modélisation directe des flux entre zones, habitées par des individus « moyens », représentant leur zone ou de larges groupes homogènes, cède en effet de plus en plus sa place à une modélisation qui se centre sur des « agents individuels », des individus ou des ménages, dont on essaie de capter au maximum l'hétérogénéité en les dotant de règles de comportement différentes en fonction des caractéristiques particulières de chaque agent. Il en va de même de la modélisation des flux globaux sur le réseau, qui deviennent de plus en plus *le résultat* de l'interaction entre les composantes du système, des

voitures prises individuellement ou des groupes de voitures. Ce mouvement vers une déségrégation croissante se double d'un autre, qui concerne la façon dont on fait intervenir *le temps* dans la modélisation. On essaie de plus en plus de capter les aspects temporels du comportement de la personne qui se déplace (le choix de son horaire de départ, la façon dont il réagit aux informations qu'il reçoit durant son trajet...). On tente également de prévoir l'évolution temporelle des flux de trafic sur le réseau pour des périodes de plus en plus courtes (formation et évolution de la congestion par exemple). Cette déségrégation croissante et cette prise en compte accrue de la dimension temporelle des phénomènes à modéliser trouvent appui sur une série d'évolutions générales qui concernent à la fois les techniques de calcul et leurs supports matériels. La modélisation des déplacements urbains s'appuie ainsi de moins en moins sur des formules mathématiques par lesquelles on peut obtenir des solutions analytiques et fait toujours davantage usage de techniques de (micro)simulation<sup>1356</sup>. Celles-ci sont soutenues à leur tour par des avancées importantes en matière d'ingénierie computationnelle.

Si l'on quitte le contenu de la modélisation des déplacements urbains pour s'intéresser au système d'acteurs qui la porte, d'autres tendances se dessinent au fur et à mesure qu'on avance dans le temps. La première est celle de la multiplication et de la diversification croissante des acteurs impliqués : administrations, bureau d'études privés, agences de planification, acteurs universitaires, firmes productrices de logiciels, et enfin communautés de travail et d'échanges aux contours flous et sans base institutionnelle précise, créées autour d'un « objet » particulier, un logiciel commercialisé par exemple, ou, encore plus récemment, un « logiciel libre »<sup>1357</sup>. Si le « monde académique » s'impose à partir des années 1970 comme le site le plus important pour la production de la nouveauté, l'étude de l'évolution du système d'acteurs selon l'axe public/privé révèle à son tour une autre tendance, observée à la fois en Amérique du nord et en France. Largement placée pendant un premier temps sous l'égide de l'Etat et de ses administrations, la modélisation des déplacements urbains voit la puissance publique se retirer progressivement de la scène pour céder de plus en plus de terrain au secteur privé, représenté

---

<sup>1356</sup> L'adoption croissante des techniques de simulation par des disciplines qui n'en faisaient pas usage est bien illustrée par les propos de Kenneth Train, un élève de McFadden (voir ch. 3), spécialiste de la méthode des choix discrets : « My purpose in writing this new book is to bring these ideas together, in a form that exemplifies the unity of approach than I feel has emerged, and in a format that makes the methods accessible to a wide audience. The advances have mostly centered on simulation. Essentially, simulation is the researcher's response to the inability of computers to perform integration. Stated more precisely, simulation provides a numerical approximation to integrals (...). Simulation allows estimation of otherwise intractable models. Practically any model can be estimated by some form of simulation » (Kenneth E. Train, *Discrete Choice Methods with Simulation*, Second edition, New York, Cambridge University Press, 2009, p. 1-2).

<sup>1357</sup> Comme le lecteur a pu le remarquer, cette énumération correspond plus à la situation nord-américaine.



par des bureaux d'études et des compagnies productrices de logiciels. Ceux-ci ont réussi à partir des années 1980 à s'ériger en principaux détenteurs de l'expertise (même si, depuis quelques années, on observe un retour en force de la puissance publique, d'une part, le développement de communautés autour des « logiciels libres », de l'autre). Notons en passant que ce déplacement de l'expertise relative à la modélisation des déplacements urbains du public vers le privé semble être en phase avec un mouvement plus général observé dans plusieurs domaines scientifico-techniques<sup>1358</sup>.

Or si le changement d'équilibre entre le secteur privé et les pouvoirs publics, en faveur du premier après les années 1980 semble être un mouvement général qui s'opère des deux côtés de l'Atlantique, la lecture croisée des trajectoires de la modélisation des déplacements urbains en Amérique du nord et en France révèle également des contrastes plus ou moins marqués. Le contraste le plus visible est probablement celui entre une modélisation nord-américaine qui continue à prospérer, même après le retrait progressif de l'Etat central, et une modélisation nationale française qui décline, avec comme conséquence que les principales impulsions de changement dans la modélisation des déplacements urbains en France depuis le début des années 1980 viennent de l'étranger et sont en grande partie le fait de bureaux d'études et d'entreprises productrices de logiciels originaires de pays autres que Hexagone<sup>1359</sup>, les Etats-Unis et le Canada entre autres. Ce contraste est d'autant plus intéressant à relever et à analyser que les deux régions ont connu, répétons-le, le même désengagement de l'Etat central du champ de la modélisation après les années 1980. Pourquoi le retrait commun de la puissance publique n'a-t-il pas produit les mêmes effets ici et là ? Quels sont les facteurs capables de rendre compte à la fois d'une modélisation nord-américaine qui continue, avec ses hauts et ses bas, à innover et d'une modélisation française prise dans un double déclin<sup>1360</sup> – par rapport à

---

<sup>1358</sup> Sur la montée en puissance du marché dans la production des connaissances scientifiques et techniques, la littérature commence à devenir considérable. Voir, entre autres : Dominique Pestre, *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, Paris, INRA Editions, 2003 ; M. Norton Wise, "Thoughts on the Politicization of Science Through Commercialization", *Social Research*, vol. 73, n° 4, Winter 2006, 1253-1272 ; Ph. Mirowski and E.M. Sent, « The Commercialization of Science and the Response of STS », dans Ed. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch and J. Wajcman (éd.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2008, p. 635-689 ; Daniel Lee Kleinman, « Science, Commercialization of », dans G. Ritter (éd.), *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*, Oxford, Blackwell, 2007, p. 4068-4069 ; Philippe Mirowski, *Science-Mart: Privatizing American Science*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 2011.

<sup>1359</sup> Certes, comme nous l'avons dit, l'entreprise française SYSTRA a racheté en 1993 le bureau britannique MVA – et elle est devenue du même coup la maison-mère du « Citilabs », au moment de la création de celle-ci en 2001 –, mais cette opération reste pour le moment essentiellement de nature financière.

<sup>1360</sup> Notons que ce déclin est enregistré aussi par les acteurs du champ dans un rapport datant de 1997 (Ministère de l'Equipement, du Logement, des Transports et du Tourisme/Conseil général des Ponts et Chaussées – Ministère de l'Economie et des Finances/Direction de la Prévision, *Transports urbains et calcul économique*, Document de travail, n° 97-1, Paris, Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, 1997, p. 72-73).

l'époque précédente où l'administration orchestrait ce champ de modélisation *et* eu égard aux performances d'autres systèmes nationaux – au fur et à mesure qu'on avance dans le temps?<sup>1361</sup>

L'explication la plus probable de ce contraste et de cette divergence de trajectoire est à chercher à notre sens du côté d'un élément qui est massivement présent outre-Atlantique alors qu'il brille par son absence en France. Rappelons que le paysage nord-américain de la modélisation des déplacements urbains est peuplé, à commencer par les années 1970, et surtout à partir de la décennie suivante, de nombreuses firmes privées – bureaux d'études et entreprises productrices de logiciels – dont les plus innovantes ont su tisser des rapports étroits avec la recherche universitaire. Or, ce couplage entre les firmes privées et le monde académique semble avoir fait défaut en France, pour cause d'absence de recherche universitaire d'ampleur sur la modélisation des déplacements urbains d'une part, pour cause d'absence de grands bureaux d'études français spécialisés dans ce domaine de modélisation, d'autre part. Pourquoi ces deux absences ?<sup>1362</sup>

---

Voici quelques citations extraites de ce rapport : « Il existe un état de l'art international, une offre de modèles de transport fournie par des bureaux d'étude pour la plupart anglo-saxons (...) » (in *ibid.*, p. 73) ; « (...) dans l'affectation aux réseaux de transport collectif, dans l'affectation dynamique sur un réseau routier, dans le choix du mode de transport de voyageurs ou de marchandises, la France n'a pas produit de méthode largement diffusée (...) » (in *ibid.*). Voir aussi Patrick Bonnel, *Prévision de la demande de transport*, Rapport HDR, Université Lumière Lyon 2, décembre 2001, p. 7 (le document est disponible en ligne :

[http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/26/89/19/PDF/HDR\\_Bonnel\\_Patrick.pdf](http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/26/89/19/PDF/HDR_Bonnel_Patrick.pdf) (30 mars 2013).

<sup>1361</sup> Comme ce travail a adopté comme horizon temporel le temps long et essaie d'embrasser l'ensemble des acteurs du champ, les facteurs que nous avancerons ici pour rendre compte des différences dans la trajectoire de la modélisation des déplacements urbains en Amérique du nord et en France ne peuvent être que de nature « structurelle » (à savoir, faisant l'économie de l'action concrète d'individus particuliers) et opérant pendant des périodes de temps significatives. Il va de soi que d'autres analyses plus ponctuelles, centrées davantage sur des acteurs particuliers et/ou portant sur des séquences chronologiques plus brèves, ne manqueront pas de faire émerger des facteurs explicatifs supplémentaires, opérant à d'autres échelles. On peut ainsi envisager des études de nature monographique sur l'histoire de la modélisation des déplacements urbains au sein d'une institution particulière, telle que l'INRETS, un CETE, la SEMA, etc., et/ou des études bien plus approfondies sur des parties particulières de la fresque historique ici présentée (par exemple, l'introduction de la modélisation désagrégée en France au début des années 1980). Sur la question des échelles d'observation et d'analyse, voir, entre autres, l'ouvrage dirigé par Jacques Revel (éd.), *Jeux des échelles. La micro-analyse à l'expérience*, Paris, Editions de l'EHESS/Gallimard/Seuil, 1996.

<sup>1362</sup> Rappelons ici que le déclin de la modélisation française en matière de déplacements urbains a déjà fait l'objet de plusieurs interprétations. Ainsi pour certains observateurs, voire acteurs du champ une, sinon la principale, des raisons de ce déclin après les années 1970 réside dans le développement d'un discours extrêmement critique à l'égard de la modélisation pratiquée durant les années 1960 et au début des années 1970. L'intensité de cette critique aurait alors mis fin à toute tentative de renouveau (voir, par exemple, P. Merlin, *La planification des transports urbains, enjeux et méthodes*, Paris, Masson, 1984, p. 153 et p. 175 notamment). L'évolution du cours de modélisation des déplacements urbains à l'Ecole des ponts et chaussées confirme les propos tenus par Merlin : au milieu des années 1980, les élèves sont, en effet, invités à être critiques à l'égard du « totalitarisme positiviste » qui « constitue le discours dominant du milieu technique traditionnel » (voir A. Bieber et al., *Circulation et transports urbains*, Recueil des photocopies pour l'année 1983-1984, ENPC, p. 13). Cette interprétation ne semble pas résister au test de l'analyse comparative. Que critique acerbe il y a eu, parfois de la part même d'anciens modélisateurs qui savaient de quoi ils parlaient, c'est certain. Mais, comme nous

L'absence de recherche académique systématique et de grande ampleur dans le domaine de la modélisation des déplacements urbains trouve ses origines, à notre sens, dans une particularité bien connue de l'enseignement supérieur français, à savoir son caractère dual, avec la coexistence séparée du système des Grandes Ecoles d'ingénieurs et de la (bien moins prestigieuse) Université<sup>1363</sup>. La non-intégration de nombreuses écoles d'ingénieurs dans le système universitaire a eu pendant longtemps comme conséquence l'absence ou la faible présence, ne serait que pour des raisons de taille, d'une activité de recherche systématique et de grande ampleur au sein des écoles d'ingénieurs françaises. La production de nouvelles connaissances en matière de sciences de l'ingénieur devient souvent un phénomène trop dépendant des aléas de l'environnement extra-académique, de la volonté de l'Administration de mobiliser pendant une période significative des ressources, dont ses ingénieurs, sur une question précise<sup>1364</sup>.

Il nous semble que la bonne fortune de la modélisation française dans les années 1960 et au début des années 1970 peut s'expliquer, en partie du moins, par l'implication très forte du corps des ponts et chaussées dans les affaires urbaines pendant cette période, implication qui s'est traduite, entre autres, par la mobilisation massive et sur une durée relativement longue de moyens (humains et matériels) au service de la modélisation des déplacements urbains (ch. 9). *A contrario*, la mauvaise fortune de ce type de modélisation en France après 1980 – une production nationale peu riche en nouveautés par rapport à la période précédente et eu égard à ce qu'on peut observer aux Etats-Unis et au Canada – a sûrement quelque chose à voir avec un certain nombre d'évolutions qui ont marqué le corps des ponts et chaussées à partir des années

---

l'avons vu dans le chapitre consacré à la modélisation désagrégée (ch. 3), critique sévère a aussi eu lieu de l'autre côté de l'Atlantique, sans pour autant qu'on enregistre là-bas un coup d'arrêt dans la recherche et le développement de nouvelles approches.

<sup>1363</sup> Sur l'histoire du système de formation des ingénieurs en France et ses spécificités nationales par rapport aux autres pays industrialisés, voir Konstantinos Chatzis, « Theory and Practice in the Education of French Engineers from the Middle of the 18<sup>th</sup> Century to the Present », *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, vol. 60, n° 164, 2010, p. 43-78.

<sup>1364</sup> Pour le XIX<sup>e</sup> siècle, voir, par exemple : l'article de synthèse des Bruno Belhoste et Konstantinos Chatzis, « From Technical Corps to Technocratic Power : French State Engineers and Their Professional and Cultural Universe in the First Half of the 19<sup>th</sup> Century », *History and Technology*, vol. 23, n° 3, 2007, p. 209-225; Antoine Picon, *L'invention de l'ingénieur moderne : l'Ecole des ponts et chaussées, 1747-1851*, Paris, Presses de l'ENPC, 1992. La création, en dehors de l'Université et après la Seconde guerre mondiale, de grandes structures dédiées, souvent sous le patronage de grands corps techniques, à des recherches ayant des visées pratiques pour l'Etat et la société (nucléaire, télécommunications, informatique, etc.) – ce qui n'exclue pas, au contraire, la présence de recherche dite fondamentale en leur sein – témoigne de la prégnance et de la vivacité de cette tradition (voir aussi : Robert Gilpin, *France in the Age of the Scientific State*, Princeton (NJ), Princeton University Press, 1968).

1980.

La première évolution du corps des ponts, qui n'a pas été favorable au maintien et à l'enrichissement d'une expertise française en matière de modélisation des déplacements urbains, a été la grande dispersion de ses membres dans une multitude de secteurs d'activité, souvent très éloignés des domaines traditionnels du corps, qu'on peut observer dans les années 1980 et 1990, spécialement après la décentralisation de 1982, traduite par une sortie assez massive des membres les plus jeunes du corps du ministère de l'Équipement<sup>1365</sup>. Cette dispersion des forces vives du corps des ponts et chaussées a affecté, entre autres, la modélisation des déplacements urbains, laquelle, contrairement à ce qui s'est passé en Amérique du nord (mais aussi dans d'autres pays comme l'Angleterre ou l'Allemagne), n'a pas pu s'installer de façon pérenne en tant que champ académique au sein des écoles d'ingénieurs françaises pour les raisons que nous venons d'évoquer. Aux effets de la dispersion des forces vives du corps, il convient d'ajouter ceux liés à la façon particulière du ministère de l'Équipement de gérer ses ingénieurs dans la durée. Ce sont les compétences managériales et la grande mobilité des personnes qui va avec – plus on « bouge », plus on accumule des expériences de manager – qui ont fini par être prisées des responsables de gestion<sup>1366</sup>. Or, la production de l'expertise technico-scientifique demande une certaine stabilité dans la durée, et cette condition n'a pas été respectée dans le cas de la modélisation des déplacements urbains : en témoigne le fait que parmi les modélisateurs du corps des ponts et chaussées dans les années 1960 et 1970, seul Barbier de Saint-Hilaire a poursuivi sa carrière de modélisateur par la suite.

Deux mots enfin sur l'absence de grands bureaux d'études français spécialisés dans la question de la modélisation des déplacements urbains après 1980<sup>1367</sup>. Comme nous l'avons vu (ch. 9), de tels grands bureaux ont existé dans les années 1960 – pensons à la SEMA – mais,

---

<sup>1365</sup> Sur les évolutions du corps des ponts et chaussées après 1980, voir Konstantinos Chatzis et Georges Ribeill, « L'espace des carrières des ingénieurs de l'Équipement dans le public et le privé (1800-2000) », *Revue française d'administration publique*, n° 116, 2005 ; Julie Gervais, *La réforme des cadres de l'action publique ou la fabrique d'un « nouveau » corps des ponts et chaussées. Impératifs managériaux, logiques administratives et stratégies corporatistes (fin du XXe siècle)*, Thèse de doctorat, IEP/Université Lumière Lyon 2, 2007.

<sup>1366</sup> Signalons qu'en règle générale, comparée à d'autres pays similaires, la France se caractérise par une bien plus grande mobilité de ses hauts fonctionnaires, qui changent très fréquemment de poste. Voir Jean-Michel Eymeri, « Comparer les hauts fonctionnaires en Europe : variations sur le thème de la carrière », dans Françoise Dreyfus et Jean-Michel Eymeri (dir.), *Science politique de l'administration. Une approche comparative*, Paris, Economica, 2006, p. 28-46.

<sup>1367</sup> Rappelons que la firme britannique « MVA Consultancy » est rachetée en 1993 par la compagnie française SYSTRA. Mais pour le moment l'opération semble être de nature financière.

contrairement aux firmes étrangères, pour un certain nombre d'entre eux, ils n'ont pas pu traverser la crise économique des années 1970. Ici encore, la comparaison nous amène à des différences nationales qui plantent leurs racines loin dans le passé. Pour des raisons historiques, l'Etat français a développé pendant longtemps, grâce au système des grands corps, une bonne partie de l'expertise technique dont il avait besoin. Dans ce contexte, nombre de clients potentiels – dont beaucoup d'institutions publiques, des villes aux administrations diverses – échappaient aux bureaux d'études privés français. Pour les bureaux spécialisés dans la modélisation des déplacements urbains, cette situation est devenue encore plus critique dans les années 1970, au moment de la crise économique liée aux chocs pétroliers, avec la création, entre 1968 et 1973, de plusieurs CETE (Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement). Ces derniers ont occupé, durant les années 1970 et 1980 notamment et dans des domaines comme la modélisation des déplacements urbains, la place dévolue en Amérique du nord et à d'autres pays européens aux bureaux d'études privés. Ainsi des données quantitatives en provenance de la *Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme* en 1981 montrent que des 57 plans de circulation mentionnés, 53 étaient préparés par des structures liées à l'Etat<sup>1368</sup>.

Ceci nous amène à un dernier facteur structurel qui a pesé, à notre sens, négativement sur le destin de la modélisation des déplacements urbains en France après 1980 : la façon dont l'Administration a géré dans la durée l'expertise nationale accumulée dans ce domaine durant les années fastes de la modélisation française (début des années 1960-début des années 1970, voir ch. 9). En effet, il n'est pas étonnant que les CETE, très vite sommés de mettre en œuvre des modèles standardisés<sup>1369</sup>, avec un personnel qui s'est très peu renouvelé au demeurant, se soient rapidement enfermés dans une situation peu propice à l'innovation<sup>1370</sup>. Et comme les

---

<sup>1368</sup> Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme, "Urbanisme, déplacement, transports", Actes du colloque des 14 et 15 octobre 1981, thème 4: "Les aspects institutionnels et de gestion. Résultats de l'enquête auprès des agences d'urbanisme", p. 24 (cité par E. Baye (en collaboration avec Cusset J.-M.), *L'ingénierie-conseil de prévision et de régulation du trafic en France*, Rapport pour le compte de la DRAST, Lyon, 1995, p. 35-36).

<sup>1369</sup> La séquence : mobilisation intensive et limitée dans le temps (années 1960 et début de la décennie suivante, dans notre cas) d'ingénieurs d'un grand corps technique (ici celui des ponts et chaussées) pour la *construction d'une expertise*, durant une première phase ; *standardisation-normalisation* des connaissances et de savoir faire issus de cette première phase dans le but de diffuser l'expertise produite de façon uniforme sur l'ensemble du territoire national dans un second temps, cette séquence ne manque pas de trouver des cas analogues dans d'autres domaines. Pour le cas de l'assainissement urbain, voir Konstantinos Chatzis et Gabriel Dupuy, « How to dispense with empiricism : The 'Caquot formula' and post-war drainage policy in France », *Water Policy*, vol. 2, n° 4/5, 2000, p. 267-281.

<sup>1370</sup> Sur les relations entre la standardisation des pratiques et le potentiel d'innovation d'une organisation, voir Mary Douglas, *How Institutions Think?*, Syracuse (NY), Syracuse University Press, 1986. Pour des exemples concrets: Konstantinos Chatzis, *La pluie, le métro et l'ingénieur: contributions à l'histoire de l'assainissement et des transports urbains (XIXe-XXe siècles)*, Paris, L'Harmattan, 2000.

CETE ont occupé, dans les années 1970 et 1980 notamment, la place dévolue dans d'autres pays aux bureaux d'études privés, leur installation dans la routine a affecté l'ensemble du système national d'innovation en matière de modélisation des déplacements urbains<sup>1371</sup>.

---

<sup>1371</sup> Sur ce point, voir E. Baye, *L'ingénierie-conseil de prévision et de régulation du trafic en France*, op. cit., p. 35 notamment.