
Modèles de déplacements en milieu urbain : l'expérience américaine

Rapport final

Préparé pour le compte de :

DRAST

Rapport final N°. 7C162500
octobre 2000
(sans figure)

Gestion du Document

Titre du document : Rapport final

Numéro projet MVA : 7C162500

Titre du projet : Modèles de déplacements en milieu urbain : l'expérience américaine

Référence du document : 99/MBC

Nom et répertoire : I:\C1625\RAP1625V2.DOC

Contrôle du document

Auteur principal : Michael Clarke

Revu par : Pierre Odent

Date de parution

1. 13/7/99
2. 23/6/00
3. 16/10/00

Distribution

Projet 1
Projet – DRAST, CERTU
Final – DRAST, CERTU

Sommaire

Chapitres	Pages
1	Introduction..... 1
1.2	Objectifs..... 2
1.3	Organisation du rapport 2
2	Modélisation basée sur l'activité.....4
2.1	Introduction..... 4
2.2	Le rôle du Ministère des Transports des États-Unis 7
2.3	Premiers développements et horizons 9
2.4	Étude de quatre applications 9
2.5	Type 1 : Inclusion de certaines parties de l'analyse de l'activité dans un modèle à 4 étapes déjà existant : San Francisco (MTC) 11
2.6	Type 2 : Utilisation des techniques de choix discret pour modéliser le comportement sur l'activité : New Hampshire (État du New Hampshire) 18
2.7	Type 3 : Utilisation de techniques de microsimulation pour l'analyse de l'activité : Washington (WASHCOG) 25
2.8	Type 4 : Modèles intégrant les chaînes de déplacement basés sur l'activité : Portland (METRO)..... 31
3	Analyse critique / synthèse35
4	Utilisation de ces méthodes en France37
4.1	Conclusion 37
4.2	Aller de l'avant 37
5	Annexe39

1 Introduction

- 1.1.1 Les modèles de prévision de la demande de transport sont utilisés dans de nombreuses régions urbaines depuis plus de 30 ans. La *première génération* de ces modèles étaient monomodaux, traitant presque exclusivement de l'utilisation de la voiture particulière, et la recherche avait tendance à être concentrée sur les modèles d'affectation du trafic.
- 1.1.2 La *seconde génération* de modèles a tourné autour du développement des techniques multimodales, la plupart des efforts de recherche étant concentrés sur le domaine du choix modal ou du choix du mode et de la destination, en particulier en utilisant des techniques de choix discret.
- 1.1.3 Se développe actuellement ce que l'on peut considérer comme une *troisième génération* de méthodologies, pour lesquelles de nombreuses recherches sont actuellement réalisées aux États-Unis, dont certaines sont basées sur plusieurs progrès clés de certains pays européens.
- 1.1.4 Cette troisième génération a tendance à prendre en compte cinq thèmes principaux :
- L'approche méthodologique est basée sur les chaînes d'activité des personnes et, dans une moindre mesure, les interactions avec les chaînes des autres membres du ménage ;
 - Les modèles reposent souvent fortement sur les enquêtes de préférences déclarées afin de mieux incorporer les réponses des voyageurs aux modifications projetées du système et des politiques de transport ;
 - Les données, et donc les modèles, sont liés à des Systèmes d'Information Géographique (SIG) ;
 - Les modèles traitent tous les modes de déplacement : essentiellement, par rapport aux modèles typiquement existants, la modélisation prend spécifiquement en compte les modes bicyclette et marche à pied ;
 - Les approches sont précisément ciblées vers une analyse détaillée de la qualité de l'air.
- 1.1.5 Le dénominateur commun de presque tous les modèles de la troisième génération est l'utilisation **d'approches basées sur les chaînes d'activité**. Lorsque ce type d'approche a été tenté, ces applications ont également eu tendance à incorporer les autres thèmes : modes bicyclette et marche à pied, utilisation des SIG, et informations provenant des enquêtes de préférences déclarées. Aux États-Unis, la nécessité de mieux

estimer les émissions de polluants figure au cœur de la modélisation basée sur l'activité.

- 1.1.6 La présente étude est centrée sur l'analyse des approches basées sur l'activité et montre comment les 4 autres thèmes sont également pris en compte.

1.2 Objectifs

- 1.2.1 Le but de la présente recherche est de fournir une revue critique des récentes applications de recherche réalisées aux États-Unis à travers plusieurs applications représentatives. L'analyse est dirigée vers :
- Une compréhension des méthodologies qui utilisent l'approche basée sur les activités, des études clés de recherche qui les ont rendues possibles, et une revue de plusieurs applications ;
 - L'identification de la meilleure façon d'utiliser ces méthodes dans le contexte français afin de mieux traiter et prévoir la demande de déplacement en milieu urbain.
- 1.2.2 L'idée est d'écrire un document utile et informatif pour les analystes qui effectuent le développement ou la mise à jour d'un système de prévision de la demande de déplacement en milieu urbain en France.

1.3 Organisation du rapport

- 1.3.1 Le rapport contient cinq chapitres supplémentaires. Dans le chapitre 2, la modélisation basée sur l'activité est décrite. Les premiers développements ainsi que le rôle du Ministère des Transports des États-Unis sont présentés. Ce chapitre est complété par une segmentation de la méthodologie en plusieurs sous-approches. Pour chacune d'entre elles, une application représentative est mentionnée.
- 1.3.2 Le chapitre 3 fournit une revue de chaque application représentative choisie. Les sous-approches/applications suivantes sont présentées :
- Type 1 : Inclusion de certaines parties de l'analyse de l'activité dans un modèle à 4 étapes déjà existant. L'exemple présenté est celui de San Francisco à la Metropolitan Transportation Commission ;
 - Type 2 : Utilisation des techniques de choix discret pour modéliser le comportement sur l'activité. L'exemple présenté est celui de l'Etat du New Hampshire ;
 - Type 3 : Utilisation de techniques de micro simulation pour l'analyse de l'activité. La première et unique application à ce jour a été réalisée au Washington Council of Governments à Washington D.C ;

- Type 4 : Modèles intégrant les chaînes de déplacement basées sur l'activité. Les efforts les plus complexes qui ont été appliqués en détail sont à Portland, en Oregon.

1.3.3 Le chapitre 4 contient une analyse critique de chacune des ces applications ainsi qu'une synthèse des résultats.

1.3.4 Le chapitre 5 livre un résumé sur la manière potentielle d'utiliser ces méthodologies en France, sur les coûts et les données nécessaires, ainsi qu'un résumé des avantages potentiels de l'utilisation de ces approches en France.

2 Modélisation basée sur l'activité

2.1 Introduction

2.1.1 Afin de comprendre ce que l'on entend par le terme “ modélisation basée sur l'activité ”, il suffit d'abord de réfléchir à ce que nous faisons chaque jour de notre vie – nous entreprenons des *activités* :

- emmener les enfants à l'école,
- acheter une tasse de café,
- aller au travail,
- assister à des réunions,
- faire du shopping,
- aller à la maison.

2.1.2 Nous devons tous chaque jour réaliser une chaîne d'activités. Ensuite, notre chaîne d'activités quotidiennes interagit avec les membres de notre ménage et avec nos collègues de travail. Ainsi, une chaîne d'activité d'un individu et les interactions avec les autres conduisent à une série de déplacements vers certaines destinations, à certains moments, et en utilisant certains modes. Ces éléments sont liés de manière inhérente aux caractéristiques de la personne, de son ménage, et des véhicules dont elle dispose. La modélisation basée sur l'activité tente ainsi de simuler les éléments sous-jacents : la demande pour faire des choses dans la journée, afin d'estimer la demande de déplacement en termes de nombre, horaire, séquence, modes, occupation, et itinéraire.

2.1.3 Les méthodes de prévision de déplacement actuelles vont directement à la simulation du déplacement en estimant qu'un type de personne donné vivant dans un type de ménage donné et dans un lieu donné effectue un certain nombre de déplacements par jour. Nous regroupons ces déplacements en termes de motifs de déplacement : domicile-travail, domicile-école, domicile-achats, etc.

2.1.4 Cette approche a l'inconvénient de ne pas considérer directement les activités sous-jacentes qui induisent le déplacement. De nombreuses personnes pensent que, sans comprendre les chaînes d'activité, nous ne produisons que des prévisions très brutes des futurs déplacements.

2.1.5 Bien que l'approche basée sur l'activité ait été conçue dans les années 70 par un groupe de chercheurs de l'Université d'Oxford, en Angleterre, elle est largement restée dans le domaine de la recherche académique. La

communauté de consultants travaillant sur ce sujet n'y a attaché que peu d'importance jusqu'à très récemment. Kitamura a attribué cette inattention au fait que l'approche basée sur l'activité ne convient pas à l'évaluation des projets à gros capital et à grande échelle, mais qu'elle est mieux adaptée à des mesures et politiques de transport plus fines, souvent à petite échelle. Ceci n'est plus le cas puisque de plus en plus de localités reconnaissent la nécessité *d'influencer* la demande (son niveau, les horaires, la distribution, et le mode) au lieu de continuer à étudier l'infrastructure pour l'accommoder. Ainsi, la capacité de simuler les sous-jacents de la demande de transport est un élément critique pour pouvoir tester les politiques ayant pour but de modifier la traduction des suites d'activités des individus en termes de déplacements.

- 2.1.6 Si nous devons réaliser une enquête de transport basée sur l'activité (enquêtes qui sont maintenant relativement courantes aux États-Unis), les avantages explicatifs de cette approche seraient encore plus clairs. Une telle enquête basée sur l'activité est réalisée presque de la même manière qu'une enquête CERTU standard – sauf que l'on demande à chaque membre du ménage de noter ce qu'il a fait pendant la journée – ses activités¹.
- 2.1.7 L'enquête est développée pour collecter des données sur toutes les activités – celles débouchant sur des déplacements, mais également celles réalisées au domicile ou au bureau. Par exemple, avant Internet, lorsque l'on décidait de faire un emprunt bancaire, il fallait consulter plusieurs banques. Cette activité existe toujours, mais on peut la pratiquer à domicile, et sans se déplacer.
- 2.1.8 Des exemples d'enquête sur l'activité sont montrés ci-dessous.

Exemple d'enquête sur l'activité (Boston 1991)

Cinquième activité

Quelle est la prochaine chose que vous allez faire ?

Merci de ne cocher qu'une SEULE réponse

- Activités au domicile,
- Prendre ou laisser quelqu'un,
- Travail,
- Liée au travail,
- École,
- Shopping,
- Activités sociales,
- Loisirs,
- Manger à l'extérieur,

- Opérations bancaires / affaires personnelles,
- Autre (merci de spécifier).

Quand allez-vous COMMENCER à faire cela ?

Quand allez-vous ARRETER de faire cela ?

Où allez-vous faire cela ?

- Nom du lieu / domicile,
- Adresse ou intersection la plus proche,
- Ville,
- État.

COMMENT avez-vous réalisé cette activité ?

- En voiture,
- Par les transports en commun,
- Par Internet...

2.1.9 Le produit de l'enquête est un listing des chaînes d'activités des particuliers à partir d'un nombre représentatif de ménages. Et puisque tous les membres de la famille sont enquêtés, en traitant ces données, on peut comprendre la dynamique ménages qui sous-tend chaque comportement de déplacement.

2.1.10 En révisant les données, on peut obtenir deux principaux produits :

- La chaîne d'activité :
 - Travail,
 - Aller déjeuner,
 - Aller faire du shopping,
 - Aller à la maison.
- La chaîne de déplacement associée :
 - Se rendre au travail en voiture,
 - Aller au restaurant en marchant,
 - Faire un achat par Internet,
 - Se rendre au domicile en voiture.

2.1.11 Ce type d'enquête va encore plus loin en demandant des informations sur l'ordre et la nécessité de ces activités :

- À quelle régularité réalisez-vous l'activité que vous venez de faire ?
- Quand avez-vous décidé d'entreprendre cette activité ?

- Si vous ne pouvez pas réaliser cette activité aujourd'hui et à ce moment précis, pourriez-vous la réaliser plus tard dans la journée, un autre jour, en un autre lieu, ... ?
- Pourriez-vous noter l'importance de cette activité sur une échelle allant de 0 à 10 ?
- Est-ce que cette activité fait partie d'une activité future ?

2.1.12 De plus, ces enquêtes tendent à demander des informations supplémentaires sur les activités réalisées au domicile, néanmoins difficiles à recueillir, appartenant au domaine privé.

2.1.13 Aucun de ces exemples n'est suffisamment convainquant en lui-même pour changer les méthodologies, mais lorsque l'on considère la nécessité de prendre en compte les technologies qui évoluent et de tester diverses stratégies de gestion de la demande de déplacement (horaires de travail flexibles par exemple), les avantages de ces techniques deviennent très importants.

2.1.14 La deuxième principale raison à l'origine du développement de ces techniques fut la nécessité d'introduire des prévisions très précises des émissions de polluants liées au transport. Ce type d'estimation est très sensible à la fréquence, à la longueur, au mode, et à la vitesse/congestion du déplacement. Une loi marquante, la Loi sur l'Efficacité du Transport de Surface Intermodal (The Intermodal Surface Transportation Efficiency Act - 'ISTEA', prononcée 'ice tea'²) de 1991 a demandé à toutes les régions urbaines des États-Unis de plus de 200 000 habitants d'effectuer des prévisions détaillées sur la qualité de l'air, incorporant les intentions des politiques destinées à modifier la demande de déplacement. Cette loi a été mise à jour récemment³, en faisant référence en particulier à l'un des produits de la législation d'origine, TRANSIMS, constituant une approche détaillée basée sur l'activité pour la prévision de déplacements.

2.2 Le rôle du Ministère des Transports des États-Unis

2.2.1 Alors que la logique et la plupart de la recherche de base sur les approches fondées sur l'activité ont été bien documentées, la mise en place de ces techniques a été extrêmement limitée. En raison de la mise en place de ISTEA et de ses mises à jour, ainsi que des amendements de 1990 à la Loi sur l'Air Propre (Clean Air Act - CAAA)⁴, le Ministère des Transports des États-Unis a été mandaté pour inciter à améliorer, à grande échelle, le processus actuel de prévision de la demande de déplacement – l'approche à 4 étapes.

2.2.2 ISTEA définit un système de planification et de gestion au niveau d'un état – et métropolitain – nécessitant un ensemble de documents de programmation, de planification, de gestion, et de collecte de données

pour assurer la conformité aux normes fédérales. Le CAAA établit des normes pour quatre polluants liés au transport et leurs précurseurs ainsi qu'un renforcement de la conformité exigée. De nouvelles normes de détermination de la conformité nécessitent que les planificateurs de transport préparent des prévisions de la demande et qu'ils effectuent une modélisation de la qualité de l'air avec une fidélité suffisante pour prévoir les niveaux absolus de la pollution en fonction de l'augmentation de la demande de déplacement, de même que les modifications du système de transport régional.

2.2.3 Pour les raisons évoquées ci-dessus, suite à l'approbation de ISTEA et de CAAA, le Ministère des Transports des États-Unis s'est lancé dans le financement d'une importante mise à jour des méthodologies de prévision de la demande dans le cadre du Programme d'Amélioration des Modèles de Déplacement (Travel Model Improvement Program - TMIP). Ce financement couvre la recherche de base, le développement d'une nouvelle approche méthodologique à la prévision de la demande de déplacement, et, plus récemment, un logiciel d'application et la mise en place d'une nouvelle approche dans plusieurs régions urbaines majeures des États-Unis.

2.2.4 Le principal produit de TMIP aujourd'hui, en termes de *prévision basée sur l'activité*, est le développement de TRANSIMS⁵. TRANSIMS est une *méthodologie* conçue pour dépasser les capacités des modèles actuels.

2.2.5 TRANSIMS fournit un environnement analytique dans lequel l'État et les planificateurs locaux peuvent répondre aux demandes de ISTEA et de CAAA. TRANSIMS prend en compte :

- Les caractéristiques d'utilisation des sols et les caractéristiques démographiques ;
- L'environnement naturel ;
- Le réseau de transport multimodal ;
- Les populations représentatives et les environnements commerciaux ;
- Les décisions de déplacements personnelles des individus ;
- Les représentations détaillées des véhicules ;
- La dynamique détaillée du trafic régional ;
- Les influences du trafic sur la congestion et la qualité de l'air.

2.2.6 Il réalise ceci à travers la représentation :

- Des voyageurs et des marchandises ;

- De comportements relativement sophistiqués utilisant des modèles de choix / d'utilité, des modèles de déplacement et environnementaux, des systèmes de simulation, et des modèles sensibles à des représentations relativement détaillées des caractéristiques environnementales et des véhicules, et la simulation du trafic, transit, fret, vélo, et piétons au cours d'une longue période (intégrant à la fois la demande de déplacement en heure de pointe et en-dehors des heures de pointe), de même que les différents jours de la semaine, les mois, et les saisons.

2.3 Premiers développements et horizons

2.3.1 Parallèlement à TRANSMIS, plusieurs applications tests d'approches basées sur l'activité ont été réalisées. Celles-ci peuvent être classées en 4 types :

- Type 1 : Inclusion de certaines parties de l'analyse de l'activité dans un modèle à 4 étapes déjà existant. L'exemple présenté est celui de San Francisco à la Metropolitan Transportation Commission ;
- Type 2 : Utilisation des techniques de choix discret pour modéliser le comportement sur l'activité. L'exemple présenté est celui de l'Etat du New Hampshire ;
- Type 3 : Utilisation de techniques de microsimulation pour l'analyse de l'activité. La première et unique application à ce jour a été réalisée au Washington Council of Governments à Washington D.C ;
- Type 4 : Modèles intégrant les chaînes de déplacement basées sur l'activité. Les efforts les plus complexes qui ont été appliqués en détail sont à Portland, en Oregon. Ces efforts ont conduit à la première mise en place totale de TRANSIMS.

2.3.2 Le chapitre 3 contient une revue de chacune des ces applications, ce qui peut être considéré comme la troisième génération des modèles de prévision de la demande tels qu'ils sont appliqués aux États-Unis.

2.4 Étude de quatre applications

INTRODUCTION

2.4.1 Les approches basées sur l'activité ont été appliquées essentiellement de quatre manières, allant de l'intégration d'aspects mineurs à l'application totale.

2.4.2 Une partie importante de la présente étude implique une réunion et une discussion avec des représentants de quatre zones urbanisées, représentant chacune un niveau de l'application. Les sections suivantes décrivent les régions, la méthodologie mise en place, et les commentaires

obtenus au cours de diverses entrevues avec les responsables locaux et des consultants.

2.5 Type 1 : Inclusion de certaines parties de l'analyse de l'activité dans un modèle à 4 étapes déjà existant : San Francisco (MTC)

2.5.1 Comme nous l'avons déjà indiqué dans le Chapitre 1, la modélisation basée sur l'activité se développe depuis les années 70. L'une des toutes premières applications de certains éléments fut réalisée à San Francisco pour la Metropolitan Transportation Commission (MTC) par Cambridge Systematics (1978).

DESCRIPTION GENERALE DE SAN FRANCISCO

2.5.2 San Francisco est située sur une péninsule entre l'Océan Pacifique et la Baie de San Francisco. C'est un centre culturel et financier majeur de l'ouest des États-Unis, et l'une des villes les plus cosmopolites du pays.

2.5.3 Vallonnée, plutôt carrée, et d'une superficie d'environ 120 km², la ville de San Francisco occupe la pointe nord de la péninsule. Au sud, se trouvent la banlieue d'Oakland et de Berkeley, à l'est et au nord-est la baie de San Francisco, à l'ouest et au nord-ouest s'étend l'Océan Pacifique. La population est de 770 000 habitants pour la ville de San Francisco elle-même, la zone urbaine comportant 6 800 000 habitants.

2.5.4 La ville de San Francisco est actuellement en train de décliner, les familles ayant déménagé pour la banlieue, laissant la ville à une population qui tend à être plus âgée et composée de ménages "célibataires". La banlieue a grandi très rapidement, avec pour la plupart ce que l'on peut nommer des "familles traditionnelles", qui se déplacent vers le sud et l'est de la région, près de Silicon Valley.

2.5.5 La pollution de l'air dans la région, principalement due aux automobiles, est un problème sérieux (un district de contrôle de la pollution de l'air a été créé en 1955). Un autre problème réside dans le fait que l'accès depuis des villes de banlieue à San Francisco se fait principalement par des autoroutes qui sont congestionnées aux heures de pointe. Le déplacement vers le nord à partir des villes de la baie de l'est d'Oakland et de Berkeley et à partir de Marin County s'effectue par deux très grands ponts surchargés : le pont San Francisco (Baie d'Oakland), d'une longueur de 4 1/2-mile, qui fut réalisé en 1936, et le pont de Golden Gate, allant au nord jusqu'à Marin County, qui fut réalisé en 1937.

2.5.6 Jusqu'à ce que les ferries soient condamnés par les ponts, San Francisco était desservie par un grand réseau de routes maritimes dont les navires amenaient plus de passagers vers le centre-ville que tous ceux apportés par n'importe quel autre mode. A partir du moment où les ponts commençaient à être encombrés, les ferries sont revenus, à une plus petite échelle, entre San Francisco et Marin County.

Figure 1 : Région de San Francisco

- 2.5.7 Une réalisation bien plus importante encore est le système interurbain de transit rapide connu sous le nom de BART (Bay Area Rapid Transit), dont l'exploitation a débuté en 1972. Fonctionnant entre San Francisco et les communautés de la baie de l'est à travers un tunnel sous l'eau de plus de 5 kilomètres, BART fut le premier système de ce type, en partie souterrain, et en partie en surface, à être construit en un demi-siècle aux États-Unis. Des trains confortables, au fonctionnement assisté par ordinateur, et circulant à des vitesses de 130 km/h, en sont la caractéristique majeure.
- 2.5.8 BART est complété par un réseau de tramways et des services de bus répartis entre un total de 60 (!) exploitants distincts couvrant les 7 zones du comté comprenant la région du Grand San Francisco. La coordination est effectuée par la Commission du Transport Métropolitain de la région (Metropolitan Transportation Commission - MTC) qui a le rôle d'autorité organisatrice globale pour le système de transport de la région – tous modes confondus.

Figure 2 : Carte du système BART

2.5.9 Le principal document de planification de MTC – le Plan Régional de Transport de 1998 – fixe les priorités de transport de la zone de la baie pour la période allant de 1999 à 2018, et gère les dépenses provenant de l'état et s'évaluant à \$88 milliards ; en argent fédéral, de l'état, et local (616 milliards de francs sur 20 ans ou 30,8 milliards par an !) couvrant les coûts d'investissement pour toutes les améliorations de transport au cours de la période.

DESCRIPTION DES MODELES DE DEMANDE DE DEPLACEMENT

2.5.10 La Metropolitan Transportation Commission développe trois séries de modèles de prévision de la demande de déplacement connus sous les noms de :

- BAYCAST = Bay Area Travel Demand Model Forecasting System ;
- MTCFCAST = MTC Travel Demand Model Forecasting System ;
- SRFCAST = Short-Range Travel Demand Model Forecasting System.

Figure 3 : Carte des exploitants pour la zone de San Francisco

2.5.11 Le système de modélisation MTCFCAST a été mis au point en 1978 par Cambridge Systematics. Ce système contient des éléments de la prévision basée sur l'activité et fait l'objet du présent document.

2.5.12 BAYCAST est un modèle plus récent développé par le MTC et a essentiellement remplacé MTCFCAST. BAYCAST utilise une architecture plus simplifiée et repose sur une segmentation relativement détaillée du marché du transport afin de fournir des prévisions à un niveau pseudo-désagrégé.

2.5.13 En plus des systèmes de modélisation agrégés basés sur les déplacements, tels que MTCFCAST et BAYCAST, MTC développe actuellement un système de modélisation totalement désagrégé, SRFCAST, ou Système de Prévision à Court Terme (Short-Range Forecasting System). SRFCAST est un système de modélisation d'énumération d'échantillon appliqué, au niveau complètement désagrégé aux ménages et personnes de l'enquête ménages de déplacement.

LOGICIEL

2.5.14 Les logiciels utilisés par MTC pour développer et appliquer ces modèles sont :

- MINUTP (progiciel de planification de réseau) ;
- ALOGIT (progiciel d'estimation logit) ;
- Divers programmes FORTRAN ;
- MAPINFO pour les applications SIG.

ZONES

2.5.15 Le nouveau système zonal de MTC est composé de 1 099 zones d'analyse de déplacement régional internes à la zone de la baie comportant neuf comtés, et de 21 zones externes. Les 1 099 zones d'analyse de déplacement régional sont basées sur la géographie du recensement de 1990 (étendues, groupes de blocs, blocs). MTC utilise un système de 34 super districts pour le calibrage (ajustement) et pour rendre compte des résultats standards. Les précédents modèles de MTC fonctionnaient à des niveaux de 290, 440, 550, 651 et 700 zones régionales.

DONNEES

2.5.16 En 1990, MTC a réalisé une importante enquête ménages de déplacements auprès de 9 359 ménages pour les déplacements d'un jour de semaine, et auprès de 1 479 ménages pour les déplacements de plusieurs jours de semaine (3 ou 5 jours de semaine consécutifs). L'enquête ménages de déplacements de 1990 est une enquête de déplacements traditionnelle, basée sur les déplacements, et leurs différentes caractéristiques (par opposition aux activités à domicile et en-dehors du domicile).

2.5.17 Au contraire, la nouvelle enquête ménages de MTC de 1996 est une enquête sur l'utilisation du temps, collectant des données détaillées sur les activités à domicile aussi bien que sur les activités en-dehors du domicile (de même que les informations traditionnelles sur les caractéristiques des déplacements). Le but de cette enquête était de mettre à jour les systèmes de modélisation et de mieux incorporer l'approche basée sur l'activité pour les prévisions de la demande future.

MTCFCAST

2.5.18 MTCFCAST fut conçu dans le but de développer un système de prévision de transport basé sur les déplacements qui soit à la pointe, ultra pratique, et incorporant certains éléments de la logique basée sur

l'activité avec une approche de prévision désagrégée. Le système original fut développé à un niveau de 290 zones.

2.5.19 Les principaux éléments de MTCFCAST basés sur l'activité étaient :

- La tentative de fournir une relation hiérarchique entre les décisions prises par les ménages et par les individus qui le composent ;
- L'utilisation de chaînes de déplacement – bien que, simplifiées sous la forme de chaînes basées ou non sur le domicile.

ASPECTS HIERARCHIQUES DU MODELE MTCFCAST

2.5.20 Les choix estimés par la chaîne de modélisation sont, dans l'ordre :

- Estimation du nombre de travailleurs futurs de la zone d'emploi;
- Estimation du futur lieu de résidence de ces travailleurs ;
- Estimation du type de logement des ménages ;
- Estimation du taux de motorisation des ménages ;
- Mode de déplacement pour se rendre au travail, étant donné que la relation domicile-travail a déjà été définie ;
- Estimation du nombre de déplacements non liés au travail ;
- Distribution des déplacements non liés au travail ;
- Moment de la journée au cours duquel les déplacements non liés au travail sont réalisés ;
- Mode de transport pour les déplacements non liés au travail ;
- Affectation de tous les déplacements.

2.5.21 La théorie sous-entendue dans le système de modélisation était que tous ces choix pouvaient être potentiellement liés entre eux, ce qui aboutit à un système extrêmement complexe. Ceci a donc été simplifié suite au développement d'une structure de choix hiérarchique. La structure a été réalisée en 3 étapes regroupant :

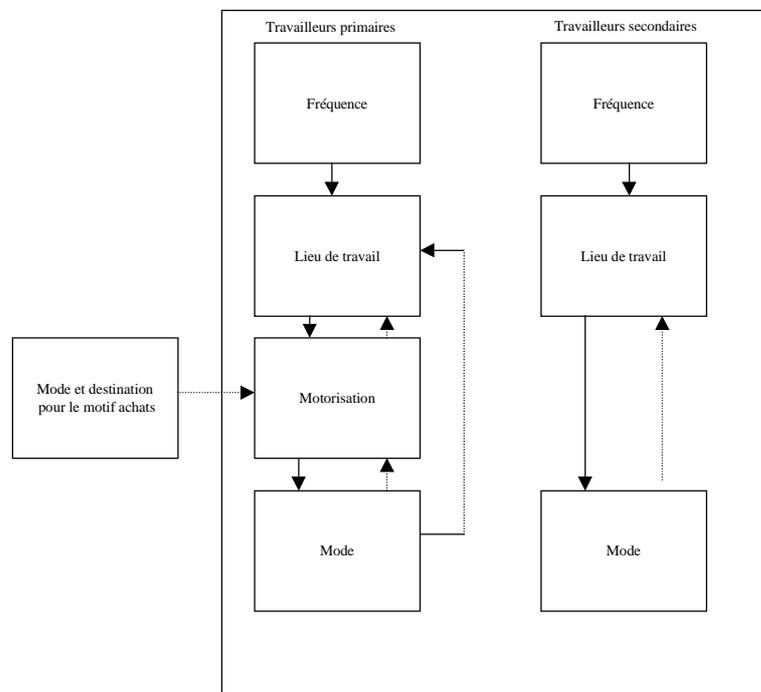
- Endroit où l'on vit et où l'on travaille dans un premier groupe,
- Un second groupe concernant les caractéristiques du déplacement basé sur le travail,
- Un troisième groupe sur les caractéristiques non liées au travail.

2.5.22 Le premier groupe est traité en tant que décisions structurelles à très long terme, et il est séparé du système de modélisation principal.

LES ELEMENTS DE LA CHAINE DE DEPLACEMENTS

2.5.23 Le système contient deux sous-modèles pour prévoir la mobilité future, l'un pour les déplacements liés aux actifs et l'autre pour les déplacements non liés au travail. Le modèle "travailleurs" segmente les travailleurs en groupes de travailleurs primaire et secondaire. Ce modèle prévoit la fréquence des déplacements basés sur le travail, le lieu de travail, et le mode utilisé pour le transport. Une procédure itérative lie le composant "taux de motorisation" au composant "lieu de travail", rattaché au modèle de non-travail pour prendre en compte l'influence des habitudes d'achat sur le taux de motorisation du ménage.

Figure 4 : Modèle de mobilité des travailleurs



2.5.24 Le modèle de non-travail est segmenté en trois phases. La première phase estime le taux de motorisation pour les ménages n'ayant aucun travailleur. La seconde phase estime la fréquence des déplacements domicile-autres et le choix conjoint de mode et de destination concernant ces déplacements. La troisième phase fait la même chose pour les déplacements secondaires, mais utilise les destinations non-domicile des modèles domicile-autres comme base pour l'estimation de la fréquence et la distribution des déplacements non basés sur le domicile. Ce lien permet de prendre en compte les chaînes de déplacement.

2.5.25 Le modèle contient trois motifs de déplacement : domicile-travail, domicile-autre, et secondaire. Les modes inclus sont : VP et TC. Les modes non-motorisés ne sont pas représentés.

COMMENTAIRES

2.5.26 Il a clairement résulté des entretiens réalisés avec les personnes concernées par le modèle et connaissant les modèles qui ont suivi que, même si le modèle MTCFCAST possède d'excellentes qualités techniques, il n'est pas bien compris par les utilisateurs ni par ceux qui doivent en utiliser les résultats. Ceci est dû en premier au nombre important d'étapes et de feedbacks utilisés dans le modèle par rapport à une approche à quatre étapes et a, d'une certaine manière, conduit au développement des modèles BAYCAST.

2.6 Type 2 : Utilisation des techniques de choix discret pour modéliser le comportement sur l'activité : New Hampshire (État du New Hampshire)

2.6.1 Le New Hampshire est l'un des 13 états d'origine des États-Unis. Il est situé en Nouvelle Angleterre, à l'extrême angle nord-est des États-Unis. D'une surface de 24 032 km², il est entouré au Nord de la province canadienne de Québec, à l'est par l'État du Maine, et s'étire sur 16 miles (25 kilomètres) sur l'Océan Atlantique, au sud par le Massachusetts, et à l'ouest par le Vermont. Sa capitale est Concord, située dans la partie centre sud de l'Etat.

Figure 4 : Localisation de New Hampshire

2.6.2 Le New Hampshire fait partie de la demi-douzaine d'états les plus industrialisés des États-Unis. L'image de la frugalité figure au centre de son identité. Le New Hampshire ne perçoit aucun impôt sur les ventes ou les revenus des particuliers, mais parvient régulièrement à un surplus budgétaire. La frugalité au niveau de l'État a accentué la décentralisation des responsabilités aux villes. Bien que des gouvernements municipaux existent dans tous les états de la Nouvelle Angleterre, ils n'exercent une telle autorité dans aucun autre état.

2.6.3 La combinaison de la frugalité, de la décentralisation, du traditionalisme, de l'industrialisation, de l'ethnicité, et de la diversité géographique fait du New Hampshire un état très attractif pour nombre d'américains. À l'est du Mississippi, seuls la Floride et le Delaware l'ont surpassé en terme de croissance de la population depuis 1950. Le New Hampshire a une population totale de 1.185.000 personnes en 1998, possède 10 comtés, 13 municipalités, et 221 communes.

2.6.4 La population urbaine est concentrée dans une grande mesure dans les régions sud et sud-est, près de Boston. Le New Hampshire est devenu une banlieue dortoir pour des milliers de banlieusards de cette métropole.

2.6.5 Le réseau ferroviaire du New Hampshire est maintenant d'à peine un quart de son ancienne dimension. Des centaines de miles de voies ont été abandonnées, et le service passagers est très limité, à l'exception d'un service raisonnable reliant les communes du sud à Boston.

2.6.6 Le plan de transport de l'état pour une durée de 10 ans, adopté en 1998, prévoit des améliorations du réseau de voirie, mais aucune pour le système de transport en commun. Il faut ici comprendre que les transports en commun sont typiquement gérés soit au niveau des zones urbaines, soit, pour les déplacements longue distance, directement par l'exploitant ferroviaire américain, AMTRAK.

2.6.7 Cependant, sont inclus dans le plan des projets ciblés un accroissement du co-voiturage par des voies réservées sur les principales routes d'accès des banlieusards, principalement à Boston.

DESCRIPTION DES MODELES DE DEMANDE DE DEPLACEMENT

2.6.8 Le système de modélisation des déplacements à l'échelle du New Hampshire a été développé par Cambridge Systematics pour le Ministère des Transports du New Hampshire (New Hampshire Department of Transportation – NHDOT) dans le cadre de l'aide à l'évaluation de certains projets pris en considération pour une éventuelle intégration dans le plan. Ce système est composé des éléments suivants :

- Taux de motorisation ;
- Générations de “ chaînes ” (nombre et motif) ;
- Premier choix de destination de la “ chaîne ” ;
- Type de “ chaîne ” (nombre et type d'arrêts) ;
- Second choix de destination;
- Modèles de choix du mode et du moment de la journée.

Figure 5 : Plan de transport à dix ans

- 2.6.9 Le système de modélisation du New Hampshire fut développé pour répondre aux besoins du Ministère des Transports du New Hampshire dans les domaines suivants :
- Analyse projet / sous-zone : le modèle sera utilisé comme outil pour analyser les impacts des principaux projets de voirie tels que des nouveaux corridors, l'élargissement d'alignements existants, etc. ;
 - Analyse des alternatives politiques : le modèle peut tester les impacts de décisions politiques telles que des augmentations de péage, les tarifs du fret, etc. ;
 - Analyse de la qualité de l'air : le modèle est conçu pour générer, pour les périodes de pointe et hors pointe d'un jour de semaine moyen en été, les estimations VKT qui peuvent être utilisées comme données pour les analyses sur la qualité de l'air ;
 - Données pour les modèles régionaux : le modèle de l'état du New Hampshire doit normalement fournir les volumes externes pour les modèles régionaux ;
 - Systèmes de gestion : le modèle servira d'outil permettant de développer un système de gestion de la congestion, des transports en commun, et de gestion intermodale ;
 - Etudes de planification à l'échelle de l'état : le modèle sera utilisé pour identifier les nouveaux services, améliorations et stratégies potentielles (bus, train, ...) conçus pour améliorer les services de transport en général et pour réduire le nombre de véhicules occupés par une seule personne, ainsi que la congestion, et améliorer la qualité de l'air.
- 2.6.10 Le NHSTMS est composé de nombreux sous-modèles, ou composants. La structure du système de modélisation est illustrée dans la Figure 6. Ce système a pour but de modéliser les déplacements en automobile et en transport en commun pour les périodes de pointe et hors pointe d'un jour de semaine moyen en été. L'année de base du modèle est 1990, avec des capacités d'analyse pour toutes les années de prévision allant de 1997 à 2020, même si les années au-delà de 2020 pourraient être analysées en extrapolant les prévisions socio-économiques.
- 2.6.11 Le NHSTMS est mis en place sous forme de séries de modèles logit multinomiaux utilisant des données provenant d'abord d'une enquête ménages sur le transport et l'activité. Cette enquête est semblable à de nombreux efforts récents effectués dans les zones métropolitaines américaines. En raison du faible impact des déplacements de transports

collectifs au New Hampshire, l'estimation des modèles de choix de mode nécessite des données supplémentaires. Ces informations proviennent d'une enquête de préférences déclarées qui a été réalisée pour un sous-ensemble de ménages de l'enquête activité-transport originale, et d'enquêtes embarquées auprès des conducteurs des transports en commun.

- 2.6.12 Dans la mesure où les logiciels de modélisation qui existaient au moment de l'étude ne permettaient que de traiter les modèles à 4 étapes basés sur les déplacements, certaines parties du système sont appliquées dans des programmes spécifiques. Les résultats du deuxième modèle de choix de la destination sont convertis en matrices de déplacements origine-destination traditionnelles, et le logiciel EMME/2 est utilisé pour appliquer les modèles de choix du mode et du moment de la journée. Les déplacements automobiles sont affectés au réseau de voirie en utilisant les méthodes d'affectation d'équilibre traditionnelles, et les déplacements de transit sont également affectés au moyen de méthodes standards. Les résultats du modèle sont par conséquent semblables à ceux d'un processus traditionnel à 4 étapes basé sur les déplacements.

Figure 6 : Diagramme de débit montrant la chaîne de modélisation nationale du New Hampshire

APPROCHE DE MODELISATION BASEE SUR LES CHAINES DE DEPLACEMENTS

- 2.6.13 Les modèles de génération de chaîne constituent la seconde étape du processus de création de table de déplacement (après le taux de motorisation). Le modèle de génération relie le nombre de trajets générés par un ménage aux caractéristiques socio-économiques et géographiques de ce ménage. Ces modèles, un pour chaque motif de trajet, sont quelque peu analogues à la première étape du processus de modélisation à 4 étapes traditionnel, la génération de déplacement. Les modèles de génération de tours ont été développés pour les motifs suivants : travail, école, autre, magasin, courses, divertissement, et accompagnement.
- 2.6.14 Pour la génération de déplacement, la norme des modèles basés sur le déplacement implique le développement de modèles de production et d'attraction reliant les déplacements zonaux ou déplacements totaux par ménage aux caractéristiques socio-économiques du ménage et aux caractéristiques zonales. Les modèles de génération de déplacement regardent les déplacements comme des " chaînes de déplacements " qui combinent un certain nombre de déplacements liés. Par exemple, une personne voyageant de son domicile à son travail peut en fait s'arrêter sur

le chemin pour prendre quelqu'un et/ou effectuer des courses personnelles.

- 2.6.15 Dans le NHSTMS, un trajet est donc défini comme une séquence de déplacements / activités qui commence au domicile et termine au domicile. L'analyse du chaînage des déplacements divise la génération de déplacement en deux parties :
- L'estimation du nombre de déplacements,
 - La prévision du type de trajet, qui constitue le nombre et les motifs des arrêts de chaque déplacement.
- 2.6.16 Supposons qu'un ménage composé d'une seule personne effectue un tour dans la journée, partant du domicile pour aller au travail, et effectuant quelques courses avant de finir la journée chez elle. La première partie de la génération du déplacement implique de prévoir que le ménage effectue un tour, et l'étape suivante suppose de prévoir que ce tour comporte deux arrêts intermédiaires, l'un au travail, et l'autre pour faire des achats, dans cet ordre.
- 2.6.17 Les modèles de type de tour déterminent le nombre d'arrêts sur un tour ainsi que la possibilité ou non d'un sous-déplacement. D'après des observations réalisées à partir des données de l'enquête ménages sur les activités utilisée pour l'estimation du modèle, et en raison de la complexité liée à la détermination des destinations dans les tours comportant de multiples arrêts, le nombre maximum d'arrêts pour un tour est limité à trois (première, seconde, et troisième destinations), excluant les arrêts du sous-déplacement. Les sous-déplacements ou tours du milieu de la journée, modélisés uniquement pour les déplacements pour le travail, sont réalisés au cours de la journée et ont pour départ et pour fin le lieu de travail. Ce processus utilise un modèle de choix discret pour estimer la probabilité de réalisation d'un nombre discret de tours d'un ménage par jour et par type.
- 2.6.18 L'un des facteurs les plus importants dans le NHSTMS pour déterminer le type de tour est la possibilité de disposer d'un véhicule. La facilité de déplacement et la flexibilité que procure la possession d'une voiture (déplacements ci-après dénommés "déplacements automobiles"), incite l'augmentation du nombre de déplacements. Par conséquent, les tours automobiles sont différents des autres tours et devraient donc être traités séparément. Étant donné que la non motorisation empêche la liberté de mouvement, on pourrait assurément présumer que les voyageurs qui n'utilisent pas leur automobile pour leur première activité savent a priori que leur principale destination est le seul arrêt du tour. Par conséquent, les tours qui ne sont pas réalisés en automobile sont restreints à un seul arrêt, sans aucun déplacement en milieu de journée à partir du lieu de

travail. Des modèles de type de tour distincts sont développés pour chacun des six motifs.

- 2.6.19 Les modèles de choix de destination secondaire, incluant les modèles de choix de destination tertiaire et les sous-tours, prévoient les lieux de début et de fin des déplacements de la zone d'étude. En termes simples, ces modèles aident à déterminer les lieux des second et troisième arrêts, ainsi que les arrêts du milieu de la journée pour les tours respectifs. Les modèles de choix de destination secondaire sont développés en utilisant des données provenant de l'enquête ménages sur les activités et les déplacements, qui fournit des informations sur les habitudes de déplacement des ménages dans l'état du New Hampshire.
- 2.6.20 Les résultats des modèles de choix de la destination secondaire sont des matrices de déplacements de personnes. À ce stade, il est possible d'exploiter les fonctions restantes du NHSTMS en utilisant les fonctions de manipulation et d'affectation de matrice de EMME/2.
- 2.6.21 Les modèles de choix de mode de la seconde étape sont appliqués aux matrices quotidiennes de déplacements de personnes qui résultent du processus de développement des matrices de déplacements. Les modèles de choix de mode sont des modèles logit multinomiaux appliqués au moyen de macros de EMME/2. Des modèles ont été estimés pour huit combinaisons de type de tour / motif de déplacement. Ces modèles ont été estimés à partir de combinaisons de données contenant des données provenant de l'activité / des déplacements d'un ménage, d'enquêtes embarquées TC, et de préférences déclarées.
- 2.6.22 Une des particularités de NHSTMS est que toutes les données d'arcs et de nœuds du réseau sont stockées dans une série de bases de données. Ceci est fait pour faciliter la gestion des données du modèle pour divers scénarios et données en utilisant les fonctions SIG qui font partie du NHSTMS. Cela est réalisé au moyen de FoxPro et d'Arc/Info.

COMMENTAIRES

2.6.23 Les informations rassemblées sur le NHSTMS proviennent de réunions tenues indépendamment avec divers bureaux d'études, y compris Cambridge Systematics, le développeur, et avec le Ministère des Transports du New Hampshire. D'après ces conversations, il est clair que le modèle représente l'un des modèles les plus performants actuellement utilisés aux États-Unis, puisqu'il :

- est basé sur les tours ;
- utilise les techniques de choix discrets pour estimer la probabilité de réaliser un certain nombre de tours par jour d'après les données observées ;
- incorpore les informations de préférences déclarées afin d'estimer un modèle de choix modal solide dans une zone ayant peu ou pas d'usage des transports en commun ;
- tire avantage des fonctions SIG dans son application.

2.6.24 Il est également important de noter qu'il est utilisé pour tester les scénarios par le client final (les techniciens de l'état de New Hampshire). Cependant, le client ne peut qu'appliquer le modèle en utilisant avec précaution des macros habiles qui fournissent une interface très facile à utiliser et à comprendre. Et, comme c'est le cas pour les modèles MTC à San Francisco, le client ne comprend pas vraiment les " mécanismes intérieurs " du système de modélisation.

2.7 Type 3 : Utilisation de techniques de micro simulation pour l'analyse de l'activité : Washington (WASHCOG)

- 2.7.1 Washington, D.C. est située sur la Rivière Potomac, qui la sépare de la Virginie au sud, tandis que son autre frontière est essentiellement constituée d'une enclave de 177 km² découpée dans le Maryland. La Région Statistique Métropolitaine Standard de Washington (Washington Standard Metropolitan Statistical Area - SMSA) englobe cependant 7 311 km², comprenant deux comtés du Maryland ainsi que les villes de Fairfax, Falls Church, et Alexandria, et quatre comtés de Virginie.
- 2.7.2 Washington est l'une des rares capitales du monde fondée expressément pour servir de siège au gouvernement et de centre de représentation internationale.
- 2.7.3 Pour de nombreuses raisons, Washington a connu un développement unique parmi les principales villes du monde. Une tendance inhérente à faire la distinction entre le District de Columbia comme capitale, avec ses équipements fédéraux, et Washington comme ville, ville complexe de par ses problèmes sociaux, économiques, et politiques, a abouti à une métropole quelque peu schizophrène aussi célèbre pour son caractère déplaisant et ses crimes que pour ses merveilles diverses et réelles. La ville est située près de l'extrémité de l'agglomération urbaine tentaculaire qui s'étend au sud de Boston le long du bord de mer, et elle est confrontée à la plupart des problèmes auxquels doivent faire face les autres métropoles de la région ayant un grand centre - Boston, New York City, Philadelphia, et Baltimore – comme les autres grandes métropoles du pays.
- 2.7.4 D'autres disparités existent entre la ville de Washington et la zone métropolitaine de Washington. Plus d'un quart des habitants de plus de 26 ans de la métropole possèdent des diplômes universitaires, pourcentage le plus élevé parmi les 10 plus grandes régions de ce type dans le pays, et la population de cette région possède l'un des plus hauts revenus annuels par tête. D'un autre côté, une forte proportion de la population de la ville est constituée de familles ayant de faibles revenus ou composées de personnes handicapées ou âgées, nombre d'entre elles nécessitant une aide gouvernementale. La population de la zone métropolitaine de Washington est de 4,4 millions d'habitants, la ville de Washington quant à elle ayant une population de 577 000 habitants.
- 2.7.5 Ces facteurs fournissent un aperçu des motifs qui font que Washington – la ville, en distinction de la capitale et de la zone métropolitaine – n'a développé ni la stabilité sociale, ni la continuité de la plupart des autres grandes villes. Les populations vivant et travaillant à Washington sont toutes deux parmi les plus éphémères du pays. Seul un petit pourcentage de résidents ont des racines anciennes à Washington, tandis qu'une forte proportion de travailleurs du gouvernement et des services vient de son

domicile de banlieue pour travailler au sein de la ville. Ces travailleurs de Washington dépensent typiquement la plupart de leurs revenus et paient la plupart de leurs impôts dans des comtés et des états adjacents, laissant les besoins et la destinée de la ville aux ordres d'un corps étranger composé de juristes et administrateurs.

- 2.7.6 Une grande partie de l'emploi est concentrée dans le centre (gouvernement et armée), ainsi que le long de plusieurs corridors routiers radiaux émanant du centre et le long du périphérique de Washington. Ces corridors sont connus localement sous le nom de corridor I-95 (reliant les banlieues sud), I-66, reliant les banlieues ouest, et l'Aéroport International de Dulles) et I-270 (reliant les banlieues nord-ouest). Une part importante du récent développement de l'emploi s'est effectuée le long de ces deux derniers corridors et dans des maisons bien connues telles que Exxon-Mobil, AOL-Time-Warner, et Sprint MCI.

Figure 7 : Zone métropolitaine de Washington

- 2.7.7 Le système de transport en commun des régions a été renforcé de manière significative dans les années 70 et 80 avec la construction d'un métro de 150 kilomètres reliant le centre aux banlieues. Des autobus supplémentaires relient la banlieue aux stations de métro, tout en fournissant des services inter-suburbains.

Figure 8 : Métro de Washington

2.7.8 Cette zone est également une importante zone de covoiturage (HOV - High Occupancy Vehicles). Des voies réservées le long des autoroutes radiales sont destinées à encourager ce mode (I-66, I-95, et I-270). De plus, la logique du covoiturage est encore renforcée par la densité très élevée des emplois auprès du gouvernement et de l'armée dans le centre-ville.

MODELISATION

2.7.9 Le Conseil de Gouvernements de Washington (The Washington Council of Governments - WASHCOG) a signé un contrat avec RDC pour tester et mettre en place un système de modélisation basé sur l'activité. Ce système, connu sous le nom de AMOS, possède les caractéristiques décrites dans les paragraphes suivants.

2.7.10 AMOS est un système de modèles intégrés informatisés conçus pour prévoir le comportement des voyageurs grâce à une micro-simulation des activités et décisions de transport. AMOS fournit, en réponse à un changement donné, un comportement d'activité et de déplacement d'une personne qui correspond à ses caractéristiques socio-économiques et démographiques, et qui s'appuie sur ses comportements habituels. AMOS est composé de cinq modèles informatisés principaux (ou composants) qui atteignent collectivement et systématiquement cet objectif. Les cinq principaux composants du système AMOS sont décrits ci-dessous :

- **Analyseur activité-déplacement de base** : L'analyseur activité-déplacement de base lit les informations sur les déplacements d'un individu (par exemple à partir de l'enquête ménages de transport), les compare aux données du réseau pour en vérifier la logique ainsi que les informations manquantes, et génère ensuite un comportement de référence activité-déplacement cohérent pour chaque individu. Les scénarios (ou profils) de référence activité-déplacement de tous les individus enquêtés sont utilisés par les autres composantes du système AMOS ;
- **Générateur d'option réponse** : Ce module crée la réponse " de base " d'un individu à un nouveau scénario. Il s'agit d'un modèle de réseau neuronal⁶ qui est formé au moyen de données de préférences révélées et de préférences déclarées. Le comportement de déplacement de base modifié à partir de l'analyseur activité-déplacement de base, les données démographiques et socio-économiques, ainsi que les caractéristiques étudiées, servent d'entrées à ce module. Les résultats

de ce module sont des réponses de comportement. Les mesures testées sont caractérisées par les modifications de leur coût, les changements des temps de déplacement, les changements d'attribut du mode, et l'imposition ou l'assouplissement de contraintes.

Le réseau neuronal développé par le système de modélisation AMOS est basé sur la théorie de la Correspondance. La théorie de la Correspondance part du principe que l'être humain traite les informations en les divisant en éléments inter-reliés plus petits. Les longueurs de ces correspondances sont définies par les poids, estimés au cours de l'apprentissage (le calage) du réseau neuronal.

Diverses options de réponse sont prises en considération dans cette version de AMOS. Parmi celles-ci :

- Pas de changement dans le comportement de déplacement ;
- Changement de l'heure de départ pour le déplacement de travail ;
- Modification du mode de déplacement vers le travail en transit ;
- Modification du mode de déplacement vers le travail vers le parc automobile / camionnette ;
- Modification du mode de déplacement vers le travail vers le mode vélo ;
- Modification du mode de déplacement vers le travail vers le mode marche à pied ;
- Travail à domicile.

Un individu peut répondre à chacun de ces sept cas, selon les modifications apportées par l'introduction de la stratégie testée. Étant données les variables entrées, la formation du réseau neuronal rapportera des probabilités de choix entre ces diverses options pour l'individu. D'après ces probabilités, une option de réponse particulière sera choisie via une simulation Monte Carlo. Cette option servira d'élément clé au modificateur de comportement activité-déplacement.

- **Modificateur de comportement activité-déplacement :** Ce module constitue l'algorithme de reséquentation et de reprogrammation activité-déplacement. Il fournit un ou plusieurs scénario(s) alternatif(s) activité-déplacement modifié(s) mais réalisable(s), basé(s) sur les réponses fournies par le Générateur d'Option de Réponse. Les entrées de ce module incluent les scénarios activité-déplacement de base, les données du réseau, les données d'utilisation des sols, les caractéristiques socio-économiques et démographiques, et les options de réponse provenant du Générateur d'Option de Réponse. Le résultat de ce module est un scénario activité-déplacement modifié. Un contrôle de faisabilité de ce scénario est réalisé, en ce qui concerne la

consistance et la logique par rapport à une série de contraintes basées sur des règles :

- L'attribution de l'activité et des tâches à l'intérieur du ménage n'est pas prise en compte. Seul le scénario activité-déplacement d'un individu est analysé, indépendamment du comportement activité-déplacement montré par d'autres membres du ménage ;
 - Les durées des activités à l'extérieur du domicile pour divers motifs sont considérées comme constantes avant et après l'introduction de mesures sur la demande de déplacement. Cependant, la durée des activités réalisées au domicile et les temps de déplacement peuvent varier ;
 - La fréquence à laquelle les diverses activités à l'extérieur du domicile sont réalisées est également considérée comme constante avant et après l'introduction de mesures de gestion de la demande de déplacement. Cependant, les fréquences de déplacement peuvent varier en fonction des modifications des scénarios de linking de déplacement ;
 - Les algorithmes de reséquencement activité-déplacement ne prennent pas en considération les engagements activité-déplacement de plusieurs jours. Seuls les itinéraires activité-déplacement d'un jour sont ajustés, indépendamment des itinéraires activité-déplacement de tout autre jour ;
 - Les algorithmes ne traitent que les modifications des scénarios activité-déplacement des banlieusards.
- **Module d'évaluation et routines d'acceptation :** Ce composant évalue l'utilité associée à un scénario activité-déplacement modifié généré par le modificateur scénario activité-déplacement. Fonctionnellement, ses routines d'acceptation programmées évaluent l'acceptation ou le rejet d'un comportement activité-déplacement modifié sur la base d'une adaptation humaine et d'un modèle d'apprentissage incorporant une série de règles.
 - **Accumulateur de statistiques :** Ce module lit tous les comportements activité-déplacement acceptés et réalisables fournis par le modèle d'évaluation et génère des statistiques descriptives et de fréquence sur une base quotidienne. Ces statistiques incluent les kilomètres véhicules parcourus, le nombre de déplacements par mode et par moment de la journée, le nombre d'arrêts par motif, les chaînes de déplacement, la durée de l'activité par motif, les temps de déplacement par motif, le taux d'occupation du véhicule, les départs à froid et à chaud, etc. En liaison avec les scénarios de déplacement de référence, il peut fournir des mesures de *changement* des caractéristiques de déplacement.

COMMENTAIRES

- 2.7.11 L'application à la zone métropolitaine de Washington DC fut la première mise en place de ce qui peut être considéré comme un système de modélisation basé sur l'activité complètement naissant pour la planification du transport et l'analyse de politiques.
- 2.7.12 Le développement d'AMOS et sa mise en place dans la zone métropolitaine de Washington, D.C., ont donc représenté un important pas en avant dans la planification des transports et l'analyse de politiques.
- 2.7.13 Dans le projet, AMOS a été appliqué à une série d'alternatives déterminées en utilisant un échantillon d'agendas de déplacement de l'enquête de transport de la région de Washington de 1994. Malheureusement, les résultats obtenus dans l'étude sont difficiles à valider ou à généraliser, et, comme on peut l'imaginer, le personnel local n'a pas compris grand chose du processus AMOS.
- 2.7.14 Malgré ces limites, la contribution de cette étude au domaine de la planification des transports est considérée comme significative, puisqu'elle a démontré que les approches basées sur l'activité sont des méthodes potentielles pour prévoir la demande et analyser les politiques.
- 2.7.15 Cette étude n'a jamais été considérée comme terminée et n'a pas non plus été vue comme un succès ou comme un échec. Les principales raisons de cette situation mixte furent le départ de l'un des principaux chercheurs qui est retourné au Japon, et le manque de compréhension claire de la méthodologie de la part des employés de WASHCOG.

2.8 Type 4 : Modèles intégrant les chaînes de déplacement basés sur l'activité : Portland (METRO)

2.8.1 Portland, Oregon, est un port et est également la plus grande ville de l'État d'Oregon. Portland se situe juste au sud de Vancouver, Wash., sur la Rivière Willamette près de son confluent, la Rivière Columbia, à 160 km de l'Océan Pacifique par les voies d'eau.

Figure 9 : Situation de Portland, Oregon

2.8.2 Le centre-ville est relié aux parties les plus récentes de la ville par huit ponts. Le développement résidentiel a été régulier. La ville est très boisée, et abrite de nombreuses petites universités américaines. La population de la zone urbaine est de 1,7 millions d'habitants. La ville de Portland a elle-même une population de 450 000 habitants.

Figure 10 : Zone métropolitaine de Portland, Oregon

- 2.8.3 La ville est le lieu d'intersection de l'I-5 (le principal axe inter-états nord-sud sur la côte ouest des États-Unis) et de l'I-84 (un arc est-ouest principal). Le centre-ville est entouré d'un périphérique.
- 2.8.4 Ouverte en 1986, cette zone possède une ligne tramway de 53 kilomètres (la "MAX") allant de la banlieue est à la banlieue ouest via le centre-ville. MAX fait partie d'un système de transport en commun régional intégré qui comprend également 102 itinéraires d'autobus dans la partie urbaine des trois comtés de la zone métropolitaine de Portland. Quarante-huit lignes d'autobus sont reliées à MAX à diverses stations de tramway.
- 2.8.5 Ensemble, la fréquentation mensuelle des transports en commun a cru durant sept années consécutives (jusqu'en décembre 1999), fournissant plus de 1,5 millions de tours par semaines. MAX réalise environ 25 % du volume total de transport de Tri-Met (le réseau transports collectifs).
- 2.8.6 Entre 1990 et 1997, l'utilisation des transports en commun dans la région s'est accrue 20 % plus rapidement que le nombre de kilomètres parcourus en automobile et 40 % plus rapidement que la croissance de la population. Pendant la même période, les transports en commun ont connu une croissance de 30 %. Portland est la seule région des États-Unis où l'utilisation des transports en commun s'accroît plus rapidement que le nombre de kilomètres parcourus en automobile. MAX transporte une moyenne de 62 300 voyageurs par jour de semaine.

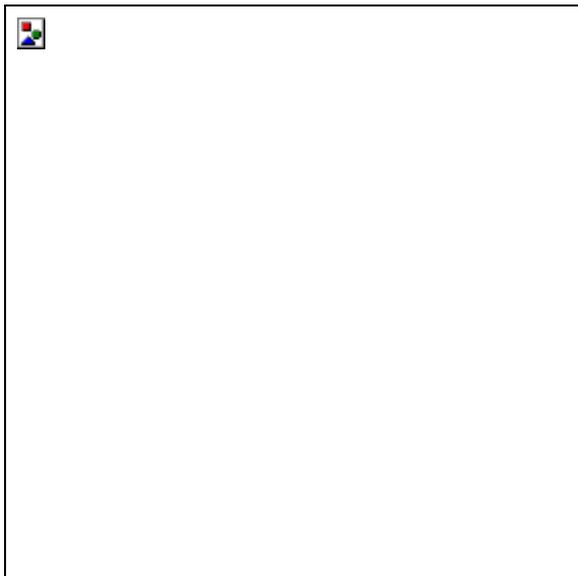


Figure 11 : Ligne de tramway de MAX

- 2.8.7 METRO (l'Organisation de Planification Métropolitaine locale - Metropolitan Planning Organisation), responsable de la supervision de la planification de tous les modes de transport, emploie approximativement 10 personnes à plein temps pour la modélisation et développe depuis ses débuts des systèmes de modélisation de plus en plus complexes.
- 2.8.8 Il est important de noter qu'une grande partie de ce qui a été réalisé à Portland peut être considérée en termes de développement comme une " première étape ". C'est un terrain constant de test pour des méthodologies considérées par la plupart des professionnels comme académiques ou n'ayant pas fait leurs preuves.
- 2.8.9 La raison pour laquelle ces méthodologies ont réussi à continuer à recevoir des financements de la part des élus locaux est qu'ils ont pu régulièrement mettre en place ces technologies et les utiliser pour fournir de meilleures informations. Les directeurs locaux attachent une grande importance au fait de pouvoir communiquer les compétences.
- 2.8.10 De plus, il faut reconnaître que Portland est située dans une région des États-Unis où un grand nombre de groupes environnementaux ont fait pression sur le gouvernement local pour utiliser les meilleures techniques disponibles pour la fourniture de prévision de déplacements et les impacts sur la qualité de l'air qui en découlent.

MODELISATION

- 2.8.11 METRO développe actuellement, avec l'aide de Cambridge Systematics et de Mark Bradley, et sous le sponsoring du Programme d'Amélioration des Modèles de Transport (Transport Model Improvement Program - TMIP) du Ministère des Transports des États-Unis, un système contenant de nombreux aspects de la modélisation basée sur l'activité. Ce système de modélisation se construira sur le travail réalisé à l'Institut de Technologie du Massachusetts par John Bowman et Ben-Akiva, qui travaillent tous deux sur le développement du modèle de Portland.⁷
- 2.8.12 Un apport majeur du modèle de Portland par rapport au système du New Hampshire est qu'il comprend les activités au domicile. Ceci permet au modèle de Portland de prévoir le scénario quotidien d'activité complet incluant le compromis entre les activités au domicile et en déplacement.
- 2.8.13 Le composant du scénario d'activité quotidien inclut un modèle d'activité principale (motif, domicile opposé à chaîne de déplacements, et horaires), le principal type de chaîne de déplacements, et les chaînes de déplacements secondaires (nombre et motif). Une fois que le scénario d'activité quotidien est déterminé, un modèle de chaîne de déplacements principal et un modèle de chaîne de déplacements secondaire déterminent

les caractéristiques de ces chaînes de déplacements en incluant le nombre, l'ordre, la destination, et les horaires de tous les arrêts inclus dans la chaîne de déplacements. Le choix du mode est déterminé pour toute la chaîne de déplacements (les chaînes de déplacements à modes mixtes sont définies sous un mode distinct) et pour les sous-tours (tour de milieu de journée à partir du travail et en retournant au travail) séparément.

- 2.8.14 Le travail réalisé à Portland a une portée bien plus importante que celui réalisé au New Hampshire, et, lorsqu'il sera terminé, il sera plus proche d'un système de modélisation basé sur l'activité que tous les autres. Ceci est possible grâce aux plus grandes ressources disponibles pour le développement du modèle, à l'existence d'un bon système de modélisation en quatre étapes, ainsi qu'à la présence d'un système d'information géographique, d'une enquête ménages sur l'activité incluant les activités à domicile, et à l'expérience acquise grâce au développement d'un modèle basé sur l'activité à Boise, Idaho, au modèle du New Hampshire, et à un récent travail entrepris au MIT.
- 2.8.15 Comparé aux autres sites tests, l'exemple de Portland est le seul à avoir du personnel technique local comprenant le traitement basé sur l'activité qu'il applique. Il faut également reconnaître que Portland a réalisé progressivement une série d'étapes, passant de modèles agrégés à quatre étapes à la recherche continue et à des efforts de développement.

3 Analyse critique / synthèse

- 3.1.1 De nombreux travaux de recherche et développement ont été réalisés dans le domaine de la modélisation des déplacements basée sur l'activité. Ont notamment été réalisés un modèle prototype, le Simulateur Activité-Mobilité (Activity-Mobility Simulator - AMOS), qui a été testé dans la région métropolitaine de Washington, et un travail à Portland concernant le développement d'un système complet basé sur l'activité.
- 3.1.2 La modélisation basée sur l'activité est également considérée comme la base permettant l'estimation de la demande de transport dans le modèle TRANSIMS actuellement développé pour le Ministère des Transports américain (U.S. Department of Transportation - USDOT). Le modèle TRANSIMS, qui utilise la micro simulation pour modéliser le système de transport, est considéré aux États-Unis comme le remplaçant éventuel du modèle à quatre étapes.
- 3.1.3 Bien que les efforts entrepris actuellement soient prometteurs et que leur continuité ne soit pas mise en cause, en particulier à Portland, plusieurs motifs peuvent faire considérer ce type de modélisation basée sur l'activité comme difficile à mettre en place à une large échelle dans un futur proche. Parmi ces motifs, figurent les arguments suivants :
- Parmi les divers consultants en transport, il existe une résistance au passage à des procédures basées sur l'activité, y compris chez les organisations de planification métropolitaine (metropolitan planning organizations - MPOs) et les Ministères des Transports des États (state Departments of Transportation - DOTs), qui sont chargés de la maintenance des systèmes de modélisation des transports. Selon un grand nombre des personnes contactées pour réaliser la présente étude, cette résistance était évidente lors de certaines conférences sponsorisées par le Programme d'Amélioration des Modèles de Déplacement du Ministère des Transports américain (USDOT's Travel Model Improvement Program - TMIP) ;
 - Il est nécessaire de démontrer que ces méthodes sont réalisables et qu'elles sont pratiques pour les besoins de modélisation des transports des régions urbaines américaines ;
 - La quantité de données nécessaires pour ces méthodes est plus élevée ;
 - Il manque des informations sur les activités à domicile dans la plupart des enquêtes ménages. Bien que la plupart des zones urbaines, ainsi que de nombreuses autres plus petites, aient effectué des enquêtes ménages depuis 1990, seules trois enquêtes récentes (en Oregon, Caroline du Nord, et Californie) ont collecté des informations sur les activités à domicile. Aucun plan pour collecter ces informations dans

les enquêtes ménages dans un futur proche n'est actuellement connu. Il arrive également souvent que les politiciens prenant les décisions ne voient pas la nécessité de telles informations dans le contexte du transport, et ils sont donc réticents à empiéter sur la vie privée pour collecter ce type d'information.

- 3.1.4 La conclusion est que, alors que la modélisation basée sur l'activité est une méthode prometteuse pour laquelle la recherche va se poursuivre sans aucun doute possible, il semble improbable, du moins aux États-Unis, qu'elle remplacera le processus à quatre étapes dans un futur proche. Étant donné qu'il a été prouvé que la modélisation basée sur les chaînes de déplacement était réalisable et pratique dans plusieurs régions et qu'elle répond à l'une des préoccupations principales du processus à quatre étapes, ce processus sera plus probablement mis en place dans la plupart des modèles américains qui seront développés dans le court terme aux États-Unis.

4 Utilisation de ces méthodes en France

4.1 Conclusion

4.1.1 Il est sans aucun doute difficile d'imaginer actuellement qu'une ville française puisse financer le développement et l'application d'un système de modélisation basé sur l'activité à grande échelle. Sur les quatre applications réalisées aux États-Unis, une seule est financée – en partie – par la localité, Portland. Et ceci est une exception à la règle.

4.1.2 Cependant, certains aspects des méthodologies basées sur l'activité, en particulier l'utilisation des modèles basés sur les chaînes de déplacement, à la place des modèles basés sur le déplacement, vont être de plus en plus utilisés aux États-Unis, et plus probablement en France, au cours des dix prochaines années.

4.2 Aller de l'avant

4.2.1 Les méthodologies décrites dans le présent document ont évidemment des mérites et représentent certainement un pas en avant très probable pour l'incorporation de meilleures méthodes techniques dans la prévision de la demande de déplacement. Et certains aspects de ces approches ont déjà été incorporés dans les modèles en France (STP, Alsace).

4.2.2 D'un autre côté, ces méthodes sont beaucoup plus compliquées à comprendre, à mettre en place, et nécessitent plus de données que celles actuellement collectées.

4.2.3 Il semblerait que les étapes les plus raisonnables à franchir pour améliorer la prévision de la demande de déplacement en France, et en particulier pour accroître l'incorporation de ces technologies, doivent commencer par un programme d'éducation et de formation très important assisté du financement partiel de plusieurs études de cas. Une approche similaire est actuellement entreprise aux États-Unis la récolte des fruits de ce travail demandera un certain temps.

4.2.4 Nous recommanderions en particulier :

- que le CERTU développe un cours de développement de la modélisation de la demande de déplacement divisé en deux niveaux : l'un couvrant la modélisation multimodale à quatre étapes, le second couvrant certains éléments de la modélisation basée sur l'activité.
- le sponsoring d'une conférence annuelle sur les méthodes et applications de la planification des transports. Ceci deviendrait le forum de rencontre des développeurs et des applicateurs, leur

permettant d'avoir des discussions et d'explorer les diverses améliorations apportées à ces outils.

- encouragement de l'échange ouvert des structures de modélisation et des paramètres de modèle afin que d'autres puissent en bénéficier et commencer à comprendre ce qu'est un modèle de prévision de déplacement.

-
- ¹ En fait, l'interviewer de l'étude du CERTU en cours demande à la personne de réfléchir à ce qu'elle a fait dans la journée afin de se souvenir des déplacements qu'elle a effectué, par quel mode, à quelle heure, où, etc.
- ² On peut trouver des informations complètes sur la législation originale auprès de : http://iti.acns.nwu.edu/clear/infr/istea_lst.html
- ³ On peut trouver des informations complètes sur les mises à jour de la législation originale à l'adresse internet suivante : <http://www.fhwa.dot.gov/tea21/>
- ⁴ On peut trouver des informations complètes sur les corrections à l'adresse Internet suivante : <http://www.bts.gov/ntl/DOCS/TAQ.html>
- ⁵ On peut trouver des informations complètes sur TRANSIMS à l'adresse Internet suivante : <http://www-transims.tsasa.lanl.gov/>
- ⁶ Quelques références sur les réseaux neuronaux dans la modélisation des déplacements : <http://www.bts.gov/ntl/DOCS/neural/quests.htm>
<http://www.bts.gov/ntl/DOCS/neural/nncmpr.htm>
- ⁷ Much more technical information can be found in the paper : 'A System of Activity-Based Models for Portland, Oregon', TMIP, May 1998.

REFERENCES

- Axhausen, K.; Gärling, T. (1992). Activity-based approaches to travel analysis: Conceptual frameworks, models and research problems. *Transport Reviews*, 12, 323-341.
- Beckman, R.J.; Baggerly, K.A.; McKay, M.D. (1997). Creating synthetic baseline populations. *Transportation Research A*, in press.
- Ben-Akiva, M.E.; Bowman, J.L. (1995). Activity-based disaggregate travel demand model system with daily activity schedules. Paper presented at the EIRASS Conference on Activity-Based Approaches: Activity Scheduling and the Analysis of Activity Patterns, Eindhoven, The Netherlands.
- Bhat, C.R. (1997). Work travel mode choice and number of non-work commute stops. *Transportation Research B*, in press.
- Bhat, C.R. (1996a). A hazard-based duration model of shopping activity with nonparametric baseline specification and non-parametric control for unobserved heterogeneity. *Transportation Research B*, 30(3), 189-208.
- Bhat, C.R. (1996b). A generalized multiple durations proportional hazard model with an application to activity behavior during the evening work-to-home commute. *Transportation Research B*, 30(6), 465-480.
- Bhat, C.R. (1995). A model of post home-arrival activity participation behavior. Manuscript, University of Massachusetts at Amherst.
- Chapin, F.S. (1974). *Human Activity Patterns in the City*. John Wiley & Sons, New York.
- Clarke, M.I.; Dix, M.C.; Jones, P.M.; Heggie, I.G. (1981). Some recent developments in activity-travel analysis and modeling. *Transportation Research Record*, 794, 1-8.
- Damm, D. (1983). Theory and empirical results: a comparison of recent activity-based research. In: *Recent Advances in Travel Demand Analysis*. (Eds: Carpenter, S.; Jones, P.) Gower, Aldershot, England.

-
- Ettema, D.A.; Borgers, A.; Timmermans, H. (1995a). A competing risk hazard model of activity choice, timing, sequencing, and duration. Paper presented at the 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Ettema, D.; Borgers, A.; Timmermans, H. (1995b). SMASH (Simulation model of activity scheduling heuristics): Empirical test and simulation issues. Paper presented at the EIRASS Conference on Activity-Based Approaches: Activity Scheduling and the Analysis of Activity Patterns, Eindhoven, The Netherlands.
- Ettema, D.F.; Borgers, A.W.J.; Timmermans, H.J.P. (1993). Using interactive computer experiments for investigating activity scheduling behavior. Proceedings of the PTRC 21st Summer Annual Meeting, University of Manchester, P366, 267-282.
- Fujii, S.; Kitamura, R.; Monma, T. (1996). A study of commuters' activity patterns for the estimation of induced trips. Manuscript, Kyoto University.
- Gärling, T.; Brannas, K.; Garvill, J.; Golledge, R.G.; Opal, S.; Holm, E.; Lindberg, E. (1989). Household activity scheduling. In: *Transport Policy, Management and Technology Towards 2001: Selected Proceedings of the Fifth World Conference on Transport Research*, Vol IV, Ventura, CA: Western Periodicals, pp 235-48.
- Gärling, T.; Kwan, M.P.; Golledge, R.G. (1994). Computational-process modelling of household travel decisions: Conceptual analysis and review. *Transportation Research B*, 28(5), 355-364.
- Golledge, R.G.; Kwan, M.P.; Gärling, T. (1994). Computational process modeling of household travel decisions using a geographical information system. *Papers in Regional Science*, 73(2), 99-117.
- Golob, T.F. (1996). A model of household demand for activity participation and mobility. Presented at the Conference on Theoretical Foundations of Travel Choice Modeling, Stockholm, Sweden.
- Golob, T. F (1990a). Structural equation modeling of travel choice dynamics, In: *Developments in Dynamic and Activity-based Approaches to Travel Analysis*. (Ed: Jones, P.) Avebury, Aldershot, England.
- Golob, T. F. (1990b) The dynamics of household travel time expenditures and car ownership decision, *Transportation Research A*, 24 (6), 443-463.
- Golob, T.F.; Bradley, M.A.; Polak, J.W. (1996). Travel and activity participation as influenced by car availability and use. Presented at the 75th Annual Transportation Research Board Meeting, Washington, DC.
- Golob, T.F.; McNally, M.G. (1995). A model of household interactions in activity participation and the derived demand for travel. Presented at the EIRASS Conference on Activity-Based Approaches: Activity Scheduling and the Analysis of Activity Patterns.
- Golob, T.F.; Meurs, H. (1987). A structural model of temporal change in multi-modal travel demand, *Transportation Research A*, 21(6), 391-400.
- Hagerstrand, T. (1970). What about people in regional science? *Papers in Regional Science*, 24, 7-21.
- Hagerstrand, T. (1973). The Impact of Transport on the Quality of Life. *Fifth International Symposium on Theory and Practice in Transport Economics*, Greece.
-

-
- Hamed, M.M.; Mannering, F.L. (1993). Modeling travelers' postwork activity involvement: toward a new methodology. *Transportation Science*, 27(4), 381-394.
- Heggie, I.G. (1978). Putting behaviour into behavioural choice models. *Journal of the Operational Research Society*, 29(6), 541-550.
- Hensher, D.A. (1996). Personal communication describing a proposed research project on activity-based travel modeling.
- Jones, P. (1995). Contribution of activity-based approaches to transport policy analysis. Paper presented at the Workshop on Activity Analysis, Eindhoven, The Netherlands, May.
- Jones, P.; Dix, M.; Clarke, M.; Heggie, I. (1983). *Understanding Travel Behaviour*. Gower, Aldershot.
- Jones, P.; Koppelman, F.; Orfeuil, J.P. (1990). Activity analysis: state-of-the-art and future directions. In: *Developments in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel*. (Ed: Jones, P.) Avebury, Aldershot, 34-55.
- Joreskog, K.G.; Sorbom, D. (1995). *LISREL 8*. Scientific Software International, Inc, Chicago.
- Kitamura, R. (1996). Activity-Based Travel Demand Forecasting and Policy Analysis. Paper presented at the TMIP Conference on Activity-Based Travel Forecasting, New Orleans, LA, June 2-5, and published in these proceedings.
- Kitamura, R. (1995). Generation of synthetic daily activity-travel patterns: Outline of the approach. Technical Report No. 39, National Institute of Statistical Sciences, Research Triangle Park, NC.
- Kitamura, R. (1988). An evaluation of activity-based travel analysis. *Transportation*, 15(1/2), 9-34.
- Kitamura, R.; Lula, C.V.; Pas, E.I. (1993). AMOS: An activity-based, flexible and behavioral tool for evaluation of TDM measures. Proceedings of the 21st PTRC Summer Annual Meeting, 1993.
- Kitamura, R.; Pas, E.I.; Lula, C.V.; Lawton, T.K.; Benson, P.E. (1996). The sequenced activity mobility simulator (SAMS): An integrated approach to modeling transportation, land use and air quality. *Transportation*, 23(2), 267-291.
- Kitamura, R.; Pendyala, R.M.; Pas, E.I.; Reddy, P. (1995). Application of AMOS, an Activity-Based TCM Evaluation Tool, to the Washington, DC Metropolitan Area. 23rd European Transport Forum: Proceedings of Seminar E, Transportation Planning Methods, PTRC Education and Research Services, Ltd., London, pp 177-190.
- Kitamura, R.; Yamamoto, T.; Fujii, S.; Sampath, S. (1996). A Discrete-Continuous Analysis of Time Allocation to Two Types of Discretionary Activities Which Accounts for Unobserved Heterogeneity. In: *Transportation and Traffic Theory*, (Ed.: Lesort, J.B.), Elsevier, Oxford, 431-453.
- Kraan, M. (1995). In search for limits to mobility growth with a model for the allocation of time and money. Paper presented at the EIRASS Conference on Activity-Based Approaches: Activity Scheduling and the Analysis of Activity Patterns, Eindhoven, The Netherlands.
- Kuhn, T.S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
-

-
- Kurani, K.S.; Kitamura, R. (1996). Recent developments and the prospects for modeling household activity schedules. A report prepared for the Los Alamos National Laboratory, Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, CA.
- Kurani, K.S.; Lee-Gosselin, M.E.H. (1996). Synthesis of past activity analysis applications. Presented at the TMIP Conference on Activity-Based Travel Forecasting, New Orleans, LA, June 2-5, and published in these proceedings.
- Lawson, C. (1996). Household Travel-Activity Decisions). Draft Dissertation Proposal, Urban Studies/Regional Science, Portland State University.
- Lu, X. (1996). A study of the interrelationships among socio-demographics, time use and travel behavior. Unpublished M.S. thesis, Department of Civil & Environmental Engineering, Duke University.
- Lu, X.; Pas, E.I. (1997). A structural equation model of the relationships among socio-demographics, activity participation and travel behavior. To be presented at the 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Mannering, F.; Murakami, E.; Kim, S.G. (1994). Temporal stability of travelers' activity choice and home-stay duration: some empirical evidence. *Transportation*, 21(4), 371-392.
- Newell, A.; Simon, H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Oi, W.Y.; Shuldiner, P.W. (1962). *An Analysis of Urban Travel Demands*. Northwestern University Press, Evanston, IL.
- Pas, E.I. (1996). Time and travel demand modeling: Theory, data collection and models. Paper presented at the Conference on Theoretical Foundations Of Travel Choice Modeling, Stockholm, Sweden.
- Pas, E.I.; Harvey, A.S. (1991). Time use research and travel demand analysis and modeling. Paper presented at the Sixth International Conference on Travel Behavior, Quebec City, Quebec.
- Pas, E.I. (1990). Is travel demand analysis and modelling in the doldrums? In: *New Developments in Dynamic and Activity-based Approaches to Travel Analysis*. (Ed: Jones, P.) Avebury, Aldershot, 3-27.
- Pas, E.I. (1985). State-of-the-art and research opportunities in travel demand: Another perspective. *Transportation Research A*, 19, 460-464.
- Ponnaluri, R.V.N.N. (1995). Analysis of vehicular stop times: Implications for cold starts. Unpublished MS Thesis, Department of Civil & Environmental Engineering, Duke University, Durham, NC.
- Principio, S. (1996). Time-use as a manifestation of life style: An examination of the variations in sociodemographics and travel behavior across life style groups. Unpublished M.S. Thesis, Duke University, Durham, NC.
- Purvis, C.L.; Iglesias, M.; Eisen, V.A. (1996). Incorporating work trip accessibility in non-work trip generation models in the San Francisco Bay Area. Presented at the 75th Annual Transportation Research Board Meeting, Washington, DC, January 1996.
- RDC, Inc. (1995). Activity-based modeling system for travel demand forecasting. Prepared for the Metropolitan Washington Council of Governments, September.
-

RDC, Inc. (1993). The Next Generation of Transportation Forecasting Models: The Sequenced Activity-Mobility Simulator. Draft Final Report, Prepared for the Federal Highway Administration, Contract No. DTFH61-92-01891.

Recker, W.W. (1995). The household activity pattern problem: General formulation and solution. *Transportation Research B*, 29(1), 61-77.

Recker, W.W.; McNally, M.G.; Root, G.S. (1986a). A model of complex travel behavior: Part I: Theoretical development. *Transportation Research A*, 20 (4), 307-318.

Recker, W.W.; McNally, M.G.; Root, G.S. (1986b). A model of complex travel behavior: Part II: An operational model. *Transportation Research A*, 20(4), 319-330.

Speckman, P.; Vaughn, K.M.; Pas, E.I. (1997). A continuous spatial interaction model: Application to home-work travel in Portland, Oregon. To be presented at the 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Stopher, P.R. (1992). Use of an activity-based diary to collect household travel data. *Transportation*, 19, 159-176.

Townsend, T.A. (1987). *The Effects of Household Characteristics on the Multiday Time Allocations and Travel Activity Patterns of Households. and Their Members*. Unpublished Ph.D. Dissertation, Northwestern University, Evanston, IL.

Vaughn, K.M.; Speckman, P.; Pas, E.I. (1997). Generating household activity-travel patterns (HATPs) for synthetic populations. To be presented at the 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Vause, M. (1995). A Behavioral Rule-Based Model of Activity Chains Generation and Scheduling. Paper presented at the EIRASS Conference on Activity-Based Approaches: Activity Scheduling and the Analysis of Activity Patterns, Eindhoven, The Netherlands.

Wen, C.H. (1996). Development of Stop Generation and Tour Formation Models for the Analysis of Travel/Activity Behavior. Dissertation Proposal, Department of Civil Engineering, Northwestern University

Personnes contactées :

- Dr. Fred Ducca, Federal Highway Administration, Washington, DC
- James Ryan, Federal Transit Administration, Washington, DC
- Kim Fisher, Transportation Research Board, Washington, DC
- Ron Milone, Washington Metropolitan Council of Governments, Washington, DC
- Keith Lawton, METRO, Portland, OR
- Charles Purvis, Metropolitan Transportation Commission, Oakland, CA
- Mark Bradley, Fairfax, CA
- Subramanian Sharmam, New Hampshire Department of Transportation, Concord, NH
- Thomas Rossi, Cambridge Systematics, Cambridge, MA
-