MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU LOGEMENT

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE

CYCLE D'ETUDES 1969

DE LA DIRECTION DES ROUTES

RAPPORT PREALABLE

AMENAGEMENTS PROGRESSIFS ROUTIERS EN ZONES URBAINES

RAPPORT PREALABLE

INTRODUCTION :

1ère PARTIE : Progressivité de réalisation d'un réseau d'ensemble de voies rapides urbaines

ANNEXE I : Exemple d'une étude particulière (l'Ouest Parisien)

2ème PARTIE : Aménagement progressif transversal d'une voie urbaine prise isolément

ANNEXE II : - Quelques problèmes techniques posés par la réalisation progressive de voies urbaines

- Considérations sur l'usage des viaducs métalliques démontables dits « toboggans ».

INTRODUCTION

CONSIDERATIONS GENERALES

Notre étude portera essentiellement sur un problème important rencontré au voisinage ou à la périphérie des urbanisations existantes, celui du passage de grandes voies rapides (autoroutes ou voies express) à travers un tissu urbain existant.

En effet, c'est dans ce cas que le problème de l'aménagement progressif en zone urbaine se pose de la façon la plus nette (on pourrait dire la plus «pure»), et la plus fréquente, car :

- *Le coût* de telles voies est très élevé (puisqu'il s'agit de voies *importantes*) (2 × 3, 2 × 4 et même 2 × 5 voies), à larges caractéristiques, et nécessitant des *aménagements spéciaux* pour en diminuer les nuisances (du fait de la traversée d'un tissu urbain existant dont on ne peut détruire une large bande) et pour en diminuer l'impact au point de vue urbanisme (rétablissement et aussi raccordement de nombreuses voies urbaines existantes).

Ces aménagements spéciaux sont soit des passages en viaduc, soit des passages en tranchée ou même souterrains (tranchées partiellement ouvertes, tranchées couvertes et même tunnels).

De plus, bien entendu, le coût en est élevé du fait des emprises souvent importantes en site urbain, d'où des dépenses importantes d'expropriation, de démolitions, de relogements et aussi de déplacements de réseaux, de reconstitution du réseau urbain de voirie, et d'une façon plus générale, d'aménagement nouveau de l'environnement sur une plus ou moins grande largeur. Le maintien des circulations au voisinage de l'ouvrage pendant les travaux conduits également à des sujétions coûteuses.

- De cette élévation très forte du coût résulte un tel impact sur les «enveloppes» que l'on doit veiller plus encore qu'ailleurs à *la concordance entre la demande de transport* à un horizon donné *et les caractéristiques* de la voie à cet horizon (ou au moins quelques années avant).

- Le problème se pose de façon d'autant plus aiguë qu'est évidente ici la nécessité de prévoir, et même de projeter de façon assez détaillée, *des aménagements à long terme* (an 2000 ou 2010 dans le cadre des Schémas Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme). De tels Schémas Directeurs sont accompagnés de projets au stade A.P.S. ou au stade croquis, dimensionnés pour le long terme. Il est évident que ce travail doit nécessairement être complété par la recherche d'un ou plusieurs stades intermédiaires. Ainsi à l'heure actuelle, compte-tenu des délais très longs de mise en œuvre (10 - 12 ans), de telles voies n'apparaîtront que vers 1980 et, afin qu'elles aient un délai de vie suffisant, on devra rechercher le dimensionnement 1985 ou 1990 et dresser aussi les projets correspondants à ce stade intermédiaire de travaux.

Il faut dire ici que cette quasi évidence est très souvent perdue de vue : cela est regrettable, car comme on le verra plus loin il est indispensable, pour que les différentes phases s'intègrent parfaitement, qu'elles soient projetées en même temps.

- Ainsi, le problème se pose de façon aiguë (et aussi de façon assez pure et se prête ainsi à des développements généraux) *dans ce cas de passage de grandes voies rapides en tissu urbain ou suburbain préexistant et plus ou moins dense.*

Quant au cas de passage de voies rapides dans des zones d'urbanisations nouvelles ou de tissu urbain actuellement assez peu dense, le problème technique de l'aménagement progressif peut être traité à peu près comme celui de rase campagne qui fait par ailleurs l'objet de développements plus complets.

Notons enfin que s'il y a beaucoup de projets, il y a peu, en France, de réalisations achevées de telles voies construites par phases successives, et il s'agit seulement de quelques cas bien particuliers

dont on ne peut tirer des conclusions générales. Notre propos restera donc assez théorique; il essaiera essentiellement de dégager des *tendances* à suivre et de faire découvrir, s'il en était besoin, la nature des difficiles problèmes qui se poseront au réalisateur de telles voies en zone urbaine par phases successives, sans avoir la prétention de donner des solutions passe-partout, puisque dans les cas concrets, sur le terrain, on sera placé le plus souvent dans des cas bien particuliers, méritant chacun une étude ad hoc.

MODES DIVERS D'AMENAGEMENTS PROGRESSIFS DE VOIES RAPIDES EN SITE URBAIN

Une distinction importante doit être faite, avant tout, entre les problèmes d'aménagement progressif de telle ou telle voie rapide ou tronçon de voie rapide, et le problème plus général, recouvrant souvent le premier, qui est celui de la *réalisation progressive d'un réseau cohérent de voies rapides* dans une agglomération.

Ce dernier problème se pose en particulier dans les «métropoles d'équilibre».

Cette seconde sorte d'aménagement progressif pose des problèmes d'une très grande ampleur que nous essaierons ci-après d'appréhender dans leur généralité et dont nous donnerons un exemple tiré de la Région Parisienne. Dans une *première partie* nous commencerons donc par traiter de cette sorte d'aménagement, puis dans une *seconde partie,* nous examinerons de plus près quelques problèmes (techniques surtout), posés par l'aménagement progressif «transversal» - pourrait-on-dire -, d'une voie prise isolément.

1ère PARTIE

CONSIDERATIONS SUR L'ETUDE DE LA PROGRESSIVITE DE REALISATION D'UN RESEAU D'ENSEMBLE DE VOIES RAPIDES URBAINES

UN EXEMPLE, LA REGION PARISIENNE

Nous prendrons souvent la Région Parisienne comme exemple, car d'abord, il y est prévu la réalisation d'un nombre important de grandes voies nouvelles se développant en zone urbaine ou suburbaine déjà existante (et où leur passage n'était absolument pas prévu initialement) et de plus, il y existe un Schéma Directeur qui est la vision de la Région à l'horizon 2000 et c'est une des rares zones étendues pour lesquelles existe actuellement un Schéma Directeur approuvé.

Ce Schéma Directeur comprend un réseau maillé de voies rapides dont non seulement les tracés mais aussi les principales caractéristiques à long terme (nombre de voies, caractére de la voie) sont à peu près fixés, de façon à réaliser à l'horizon visé un réseau **cohérent** (sinon suffisant). C'est donc une circonstance favorable à l'établissement de plans successifs d'aménagements intermédiaires, tendant, en phase finale, à la réalisation d'un tout assez bien défini.

Dans le temps, un tel maillage peut être aménagé de façon progressive et pratiquement de manière continue. La toile d'araignée tissée par ce réseau peut être construite de manière très diverse.

LE PROBLEME DE L'AMENAGEMENT PROGRESSIF

Le problème qui se pose donc tout d'abord, c'est celui de **la progressivité de la réalisation de l'ensemble du réseau** : Quelles sont les voies ou sections de voies nouvelles devant être réalisées dans les phases successives de réalisation de l'ensemble, de façon à répondre au mieux (à chaque phase) à la demande du moment et à constituer à chaque étape, un réseau partiel cohérent et opérationnel, c'est-à-dire dont les divers constituants débouchent les uns sur les autres de façon satisfaisante et sont cohérents entre eux ?

LA DEMARCHE A SUIVRE

Cette démarche de choix touche en fait, pour chaque voie considérée, à ce que l'on pourrait appeler **l'aménagement progressif « longitudinal »**, car il aboutit à réaliser dans un ordre donné les différentes sections de cette même voie, en fonction de l'objectif général poursuivi et des phases d'aménagement progressifs « longitudinal » des autres voies du réseau.

LA DEFINITION DES OBJECTIFS

C'est là une tâche complexe : si on considère par exemple le futur réseau de voies rapides de la Région Parisienne, on constate vite qu'en théorie tout au moins, il y a un très grand nombre de combinaisons possibles entre les différentes sections des diverses voies pour former des phases différentes de réalisation du réseau.

On recherchera de manière systématique les programmes envisageables compte tenu des contraintes financières et techniques, et de nature à remédier à certaines déficiences (actuelles ou prévisibles dans le futur) du réseau de transport. Ces programmes pourront être regroupés en catégories, chaque catégorie contient des variantes qui satisfont plus particulièrement un objectif déterminé :

Exemples d'objectifs : dégagement du noyau central, amélioration des liaisons internes à la banlieue ou des liaisons avec la province, ou des liaisons avec les villes nouvelles.

Les programmes, ainsi regroupés en catégories cohérentes, peuvent être dits programmes finalisés.

Il est évident que les conséquences de la réalisation d'un programme particulier ne se limitent pas à leur finalité principale. Ainsi, un programme ayant pour objectif principal le dégagement du noyau central concourra parallèlement à la réalisation d'autres objectifs relatifs à l'urbanisme, à l'emploi, à la santé, etc ...

L'ensemble des éléments qui permettent à un décideur de fonder d'une manière rationnelle son choix, constituent les critères. Certains sont purement internes au problème posé (diminution des temps de parcours, du coût d'utilisation) d'autres peuvent être considérés comme externes (emploi, politique urbaine et régionale par exemple). Ces critères permettent de situer l'impact sur tous les plans, de la réalisation de chaque programme. La seule lecture d'un tableau portant en lignes les programmes et en colonnes les critères est, sans préjuger ici du processus de choix proprement dit, de nature à éclairer les choix.

Dans le cas d'aménagements progressifs, les objectifs visés et en conséquence les critères de choix, pourront être relatifs à plusieurs périodes; on aura donc des échéanciers d'objectifs.

LE CHOIX DES VARIANTES

Même ainsi le nombre de combinaisons peut être très élevé, mais il existe de nombreuses contraintes qui ont pour effet de diminuer le nombre des variantes «réalistes». Les principales contraintes sont **physiques** (impossibilité de certains raccordements ou de certains dimensionnements) ou **liées à la durée des études et travaux ou de la libération des emprises.**

On aboutit ainsi à une liste de variantes correspondant aux objectifs retenus, et tenant compte des contraintes. Cette génération de variantes est un stade très important qui doit être mené avec clairvoyance et objectivité.

LA NECESSITE D'UN CALCUL ECONOMIQUE ELARGI

Cette démarche de réalisation en phases successives d'un réseau maillé de voies rapides urbaines prédéterminé pour un horizon éloigné dans le cadre d'un Schéma Directeur, **constitue un aménagement progressif dans le sens large du terme** et il est intéressant d'essayer les méthodes par lesquelles on peut tendre vers des solutions logiques de ce problème complexe, en basant le choix final sur des **considérations économiques** (bien entendu, ce ne seront pas les seules considérations qui militeront dans le choix final, car il y a là des facteurs d'ordre urbanistique ou même politique dont l'importance peut même devenir prépondérante).

Or l'application brutale des calculs économiques présentés par ailleurs pour les aménagements de rase campagne est impossible ici.

La signification d'un kilomètre standard de routes, dans un réseau maillé, n'a pas grand sens. Les formules d'avantages, de vitesse - débit, par exemple, ne sont pas comparables.

Aussi les calculs de rentabilité classiques de la Direction des Routes et de la Circulation Routière ne sont-ils pas applicables tels quels au cas d'aménagement de voirie urbaine. Les deux raisons principales en sont d'une part **la dépendance des investissements les uns par rapport aux autres** et **l'importance de l'effet induit sur l'urbanisation diffuse** d'autre part. Dans ces conditions, le taux de rentabilité immédiat d'un aménagement routier n'a, en effet, pas beaucoup de signification et la démarche générale de l'étude s'apparente à un test de Schéma de structure avec contrainte de capacité.

Toutefois, **les principes généraux** d'un calcul économique restent applicables, l'adaptation de la circulaire de la Direction des Routes devant porter essentiellement sur **la distinction des motifs de déplacement, de l'élasticité des horaires de déplacement ainsi que sur la division de la journée en diverses périodes** (pointe du matin, de midi, du soir, autres périodes diurnes, périodes nocturnes). La modulation de la charge du réseau est en effet, suffisamment différente pendant ces périodes pour nécessiter des calculs séparés.

Par ailleurs, une différence importante avec les calculs économiques tendant à la définition de séquences de réalisation progressive, réside dans le fait qu'ici, **le stade final auquel on doit arriver est fixé à l'avance,** c'est le Schéma Directeur. Certes l'établissement du Schéma Directeur devrait faire appel au calcul économique mais incontestablement, actuellement, ce sont surtout des critères politiques de niveaux de service à atteindre qui président à son élaboration. Quoi qu'il en soit le problème n'est pas ici de déterminer comment fixer le Schéma Directeur mais plutôt, ce schéma étant fixé, de décider comment on le réalisera.

Enfin l'adaptation de la circulaire doit également porter sur **la définition d'un niveau de service** à atteindre : vitesse, capacité ou temps de parcours ou accessibilité de certaines zones mesurées par des indicateurs définis (telles qu'indiquées dans l'annexe jointe). Cette qualité étant définie de préférence par les pouvoirs politiques, sur proposition des techniciens de la circulation, le problème consiste à définir un réseau répondant à ces contraintes, répondant aux contraintes budgétaires que l'on peut éventuellement se fixer et minimisant, pour un taux d'actualisation donné (10 %), les pertes de temps pour la collectivité, ce qui implique **la définition d'une valeur du temps** qui par ailleurs, peut être différente de celle qui est définie par la circulaire de la Direction des Routes et de la Circulation Routière et notamment, selon le motif de déplacement et le taux d'occupation des véhicules (par exemple 1,25 en heure de pointe dans la Région Parisienne). Le calcul économique apparaît ainsi comme un élément d'une analyse multi-critères, permettant de tenir compte ainsi de l'offre de terrains urbanisables en fonction du Schéma Directeur.

Ces méthodes permettent dans une certaine mesure de tenir compte des «phénomènes de complémentarité» entre les tronçons qui interdisent de calculer les taux de rentabilité immédiate et leur mise en service indépendamment les uns des autres. En site urbain, le phénomène est prépondérant, ainsi que les effets indirects de l'aménagement urbain. On doit donc étudier un réseau globalement.

La nécessité se fait sentir de la recherche de critères économiques de choix entre variantes de réseau: il n'est pas question d'optimiser localement des éléments car on ne peut alors atteindre **l'optimum global. Finalement le problème de l'aménagement progressif d'un réseau urbain débouche sur celui de la conception même de l'ensemble réseau** : il ne semble pas correct en effet, de projeter un réseau à un horizon déterminé si on n'a pas déjà prévu l'aménagement progressif qui en sera fait.

EXEMPLE D'UNE TELLE ETUDE

Un exemple de première approche du problème a été fourni en annexe. Il concerne les variantes possibles du réseau de voies rapides dans l'ouest de la Région Parisienne à deux stades intermédiaires : 1975 et 1985. Il s'agit d'une **étude de programmation,** qui suppose connu l'état du réseau à l'horizon final.

On se reportera à cette annexe pour ce qui est de l'énoncé détaillé de la méthode qui y a été suivie. Il y a lieu cependant de dégager ici les tendances générales et les bases d'une telle étude, et le but poursuivi.

- **La définition des objectifs :**

- Tout d'abord s'est imposée une réflexion sur les objectifs à poursuivre.

Les objectifs que l'on recherche en aménageant un réseau de voies rapides concernent à la fois la capacité et la qualité du transport. En effet, une voie continue permet en moyenne une circulation égale à 2 à 2,5 fois la circulation qui peut être supportée par un aménagement normal de voirie avec carrefours et feux. La qualité de service, représentée essentiellement par le temps de parcours et le confort de ce parcours, est également bien supérieure, d'une part à cause de la vitesse de circulation plus élevée et deuxièmement de la continuité par suite de la suppression des croisements à niveau. La programmation optimale de la réalisation progressive d'un réseau de voies rapides à l'intérieur d'une agglomération doit permettre :

- d'accroître la capacité de transport là où la demande est la plus aiguë.
- d'améliorer la qualité de transport là où elle est notoirement insuffisante et d'une manière générale, pour l'ensemble de l'agglomération.
- de désenclaver certains quartiers qu'il convient d'ouvrir à l'urbanisation ou à l'implantation d'activités.

En l'occurence pour la banlieue Ouest de Paris, un assez grand nombre de variantes de réseau à des étapes intermédiaires fixées en 1975 et 1985 permettaient de remplir ces objectifs, mais leur coût étaient différents ainsi que les services rendus et, en particulier, les niveaux de service atteints.

Dans l'exemple décrit en annexe, l'objectif jugé important que constitue le désenclavement de la Ville Nouvelle de Cergy-Pontoise pouvait être obtenu de diverses manières, soit en construisant immédiatement l'autoroute A.15 qui relie directement Cergy à Paris, soit en poussant les travaux déjà engagés sur l'autoroute A.14 Paris - Défense - St-Germain et en organisant un rabattement routier ou autoroutier de la Ville de Cergy sur cette autoroute, éventuellement en organisant un rabattement de la Ville sur l'autoroute A.13 dans la mesure où des travaux d'augmentation de capacité auraient été exécutés par ailleurs.

Dans ces derniers cas, le problème de désenclavement est traité d'une manière différente, mais également pour des coûts de construction eux-mêmes différents. Dans tous ces cas, puisqu'il s'agit d'un réseau de voies rapides, la qualité de service offerte en temps de transport et en confort est, tout au moins à première vue, relativement comparable entre les trois solutions; enfin parmi ces solutions deux permettraient également d'améliorer la desserte de la proche banlieue dans les communes voisines de Paris; seule la troisième solution consistant à augmenter la capacité d'une autoroute existante ne permettrait pas de désenclaver simultanément les banlieues proches et d'améliorer la desserte lointaine de la Ville Nouvelle de Cergy-Pontoise.

La Définition des variantes et leur traitement

L'étude décrite en annexe a eu pour objectif de permettre de choisir entre l'aménagement le plus complet possible de l'autoroute A.14 et une amélioration des relations entre cette autoroute et Cergy-Pontoise, où l'aménagement complet ou progressif de l'autoroute A.15, l'autoroute A.14 restant aménagée provisoirement par étape dans la banlieue proche. Enfin une troisième solution pouvait consister en un aménagement progressif simultané des autoroutes A.14 et A.15, en construisant en première phase que la moitié des chaussées partout où cela est possible.

L'objet de l'étude a été de montrer dans chacun des cas **la répartition des trafics** suivant les diverses variantes ainsi que **la qualité de service offerte** en examinant les temps de parcours des diverses

zones desservies dans chacune des variantes examinées. C'est ainsi qu'une comparaison a pu être effectuée et que les solutions ont pu être classées comparativement à leur coût et aux divers critères qui ont été retenus pour le désenclavement, la qualité de service et l'adéquation de l'offre de transport à la demande. Bien que ceci n'ait pas été fait, un premier examen des résultats peut conduire à une nouvelle définition de variantes nouvelles, issues des premières, plus conformes aux objectifs retenus. On amorcerait ainsi un processus itératif, conduisant sur un mode heuristique, à une solution optimale, suivant l'ensemble des critères retenus.

CONCLUSION

D'autres études analogues sont en préparation, portant sur d'autres secteurs de la Région Parisienne; elles ont toutes le même objectif qui est d'assurer pour un coût d'investissement déterminé une répartition optimale des crédits entre la desserte à court terme permettant d'améliorer les conditions de transport des populations et des urbanisations existantes, et le choix qui doit être fait d'offrir des capacités de transport exédentaires pour permettre l'urbanisation convenable de zones nouvelles en bordure de l'agglomération existante.

Les étapes intermédiaires ainsi définies peuvent, dans certains cas, remettre en cause les caractéristiques retenues à plus long terme pour les projets de voies rapides. Ce conflit devra être abordé différemment dans chaque cas, mais il importe de bien distinguer entre l'avenir proche relativement certain et l'avenir lointain pour lequel les esquisses ne doivent être dessinées que d'un trait léger.

ANNEXE I

ANNEXE A LA PREMIERE PARTIE

Exemple d'étude de progressivité de réalisation d'un réseau de voies urbaines nouvelles

PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST DE LA REGION PARISIENNE (1)

GENERALITES

Il s'agit d'une première étude, naturellement imparfaite, qui esquisse un essai d'application du calcul économique en zone urbaine.

Le but était d'examiner et de comparer les diverses solutions de desserte autoroutière dans la banlieue Ouest aux 2 horizons 1975 et 1985, dans le cadre du réseau futur indiqué au SDAU 1965.

L'ensemble des opérations prévues dans ce secteur et sur lesquelles portaient les variantes est de 3,4 Milliards de Francs.

L'étude a d'abord consisté :

- à définir des objectifs généraux dans ce secteur, aux 2 horizons considérés.

C'était en l'occurence les suivants :

1°) assurer en priorité la desserte de nouveaux centres urbains :
   - la desserte du centre tertiaire de la Défense
   - la desserte de la Ville Nouvelle de Cergy-Pontoise tant en direction de Paris que vers la banlieue et notamment la Défense.
   - la desserte des urbanisations de la Vallée de Montmorency vers Paris et les pôles d'emplois de banlieue.

2°) apporter un soulagement de l'autoroute de l'Ouest, et maintenir de bonnes conditions de circulation dans la proche banlieue ou si possible, les améliorer

3°) offrir une capacité suffisante pour permettre de faire face à des reports imprévus d'investissements.

4°) offrir une certaine souplesse d'exploitation par un réseau maillé.

5°) assurer la continuité du trafic longue distance.

6°) être cohérentes avec le développement urbain souhaité.

- Puis ont été définies à priori pour 1975 et 1985 diverses variantes de réseau en se basant :
  - sur les possibilités réelles de réalisation à ces époques, compte-tenu de l'état actuel d'avancement des différents tronçons, mais sans contrainte financière.
  - sur les possibilités de raccordements provisoires entre les tronçons, ceux-ci devant être «opérationnels», c'est-à-dire déboucher de façon cohérente avec les tronçons voisins.

On est arrivé ainsi à définir un certain nombre de variantes (en l'occurence : 6 pour 1975 et 2 pour 1985), semblant répondre plus ou moins bien aux objectifs précédemment définis.

(1) Etude effectuée par la Section d'Etudes Economiques de la Division «Transports et Circulation» du Service Régional de l'Equipement de la Région Parisienne.

On a calculé ensuite **le coût** de chacune de ces variantes.

Ce premier travail a donc été **le recueil des données de bases** et de constitution de variantes : ce sont celles-ci qui furent ensuite examinées sous l'angle économique et c'est donc à postériori que l'on a décelé les valeurs **relatives** des variantes.

Ces tests sont faits selon **la méthode suivante** :

1 METHODE

1.1 Données de base

Pour chaque horizon, les données de base ont été constituées par les hypothèses :

1°) d'urbanisation et d'emploi

2°) de déplacements (nombre et motifs des déplacements journaliers)

3°) d'utilisation de la voiture particulière

4°) de taux d'occupation des véhicules

5°) de répartition de la demande journalière (en trois périodes sur toute la journée)

6°) de configuration de la voirie ordinaire

7°) de coûts d'utilisation de la voiture particulière

8°) de valeur du temps des usagers.

1.2 Deux étapes ont été distinguées dans le traitement des variantes

1°) **Dans une première étape,** la demande journalière de déplacements, pour tous les modes de transport, a été évaluée au moyen d'un modèle de génération, ainsi que d'un modèle gravitaire de distribution de la demande entre zones.

L'application du taux d'utilisation de la voiture particulière à la demande tous modes a permis d'obtenir la demande journalière de déplacements en voiture particulière; de cette dernière on a déduit le trafic total en tenant compte du taux d'occupation des véhicules.

Cette phase de l'étude - qui utilise dont les hypothèses 1, 2, 3 et 4 - a été commune à toutes les variantes d'un même horizon.

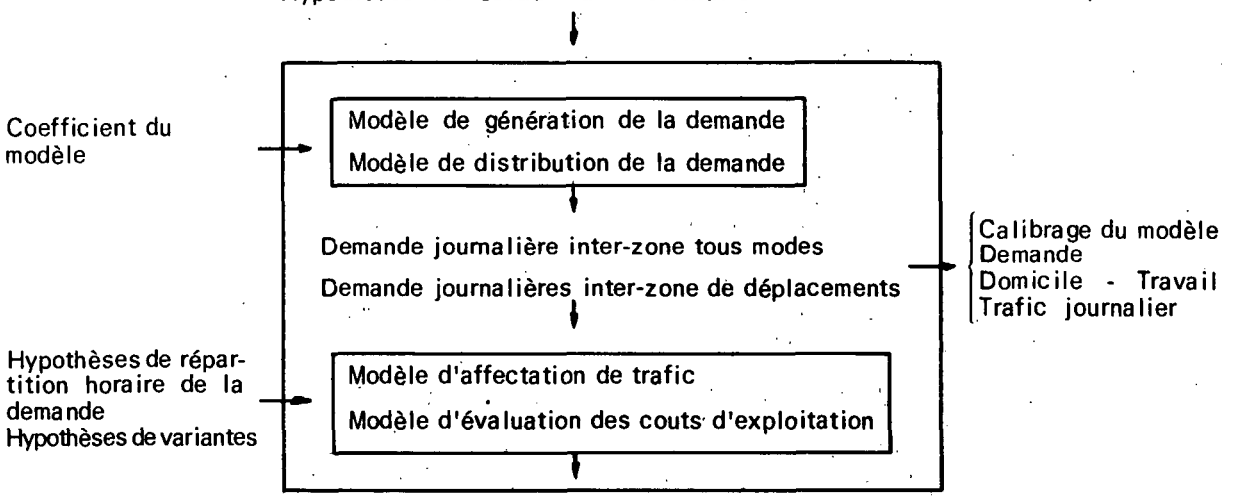
2°) **Dans une deuxième étape,** la demande de circulation évaluée précédemment a été d'abord répartie en trois tranches horaires caractéristiques de l'écoulement journalier du trafic (heures de pointe du matin, heures de pointe du soir, heures de pointe de la journée) - La demande par tranche qui en résulte a été alors affectée au réseau routier en tenant compte des capacités des divers tronçons. Cette deuxième phase était propre à chacune des variantes.

Le schéma ci-après illustre les différentes étapes de l'étude de la variante.

A chaque étape sont indiquées les hypothèses utilisées ainsi que les résultats obtenus.

ENTREES POUR TOUTES LES VARIANTES D'UN MEME HORIZON

- Hypothèses d'urbanisation et d'emplois
- Hypothèses de déplacements
- Hypothèses d'utilisation de la voiture particulière
- Hypothèses de taux d'occupation des véhicules
- Hypothèses de réseau routier ordinaire



SORTIES PAR VARIANTE

- Trafic et charge par tronçon et par tranche horaire
- Coût généralisé inter-zone et par tranche horaire
- Coûts collectifs annuels tous usagers par tranche horaire

1.3 Les résultats

En définitive, à l'issue du traitement, on a disposé pour chaque variante des éléments suivants :

1°) la demande de déplacements tous modes entre zones par motif de déplacements;

2°) la demande de circulation en automobile entre zones, par motif de déplacements;

3°) le trafic en véhicules/heure et le taux de saturation, de chaque tronçon, par tranches d'heures;

4°) les coûts généralisés, ou coûts ressentis individuels de zone à zone (Ces coûts prennent en compte le coût d'utilisation et le coût de la durée de déplacement), par tranche d'heures;

5°) les coûts annuels collectifs (coûts ressentis pour la collectivité) par tranche d'heures.

Ces éléments ont permis d'apprécier chacune des variantes, ainsi que de les comparer entre elles, en fonction des différents critères de choix envisagés.

2 CRITERES D'APPRECIATION DES VARIANTES

2.1 Le premier critère retenu pour la comparaison des variantes a été le bilan classique, obtenu en agrégeant les coûts de construction et les coûts collectifs ressentis par les usagers (dont les temps de parcours valorisés).

2.2 Ce critère ne permet pas, à lui seul, d'apprécier complètement si les objectifs poursuivis sont atteints par les variantes retenues. On a envisagé donc en plus, de définir un critère d'accessibilité de certaines zones-clés, aux heures de pointe les plus chargées, notamment, pour cette étude :

- l'accessibilité de la Ville Nouvelle de CERGY-PONTOISE considérée à la fois comme lieu : de résidence et pôle d'emplois.
- l'accessibilité de La Défense considérée comme pôle d'emplois.
- enfin l'accessibilité de la Vallée de Montmorency, considérée comme lieu de résidence.

L'accessibilité a été mesurée par le pourcentage d'automobilistes dont la durée du déplacement, en heures de pointe du matin (pour lesquelles les coûts ressentis sont les plus élevés) est inférieure à une limite donnée. Les courbes de pourcentage cumulé ont été dessinées dans les quatre cas définis ci-dessus.

2.3 Le coût de construction de la variante

2.4 La capacité résiduelle des autoroutes aux heures de pointe; il faut en effet que les investissements prévus puissent assurer convenablement l'écoulement du trafic notamment lors d'un report éventuel des investissements et de toute façon, assurer une «durée de vie» suffisante aux réalisations.

2.5 Enfin, une **appréciation,** d'ordre plus intuitif, mais très importante a été donnée sur l'**influence possible des divers réseaux sur l'urbanisation diffuse,** de manière à déceler si ces tendances sont favorables, neutres ou défavorables à l'évolution prévue par le schéma directeur d'urbanisme et d'aménagement de la région parisienne.

3 MODELE

Le modèle utilisé pour cette étude était le programme OPTRA - DTC mis au point par le B.C.E.O.M, par adaptation du programme O.P.T.R.A. déjà étudié par le B.C.E.O.M. dans le cadre de l'étude des pénétrantes urbaines (Service des Affaires Economiques et Internationales du Ministère de l'Equipement et du Logement).

Des marches d'études ont été passées avec le B.C.E.O.M. pour la partie programmation et la S.E.R.T.I pour le passage sur ordinateur UNIVAC 1108t.

4 PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

Rappelons que les principaux résultats obtenus sont :

- les déplacements inter-zones

- les trafics sur les divers maillons, donc le taux de saturation par rapport à la capacité offerte
- les coûts généralisés individuels inter-zones
- les coûts collectifs.

4.1 Trafics

Pour chaque variante, les trafics à l'heure de pointe du soir ont été représentés sur des planches (figures 1 à 8) à raison d'une planche par variante. N'ont été representés que les tronçons autoroutiers et certains maillons du réseau de distribution. A chaque maillon, correspond :

- en haut et à droite du rectangle, le trafic horaire à l'heure de pointe du soir dans le sens le plus chargé.
- en bas et à gauche du rectangle, le trafic journalier dans les deux sens.
- dans le rond, le taux de saturation égal au produit par le coefficient 1,10 du rapport du trafic horaire de l'heure de pointe du soir à la capacité; ce coefficient de 1,10 tient compte de la forme de la courbe de répartition de trafic pendant l'heure de pointe.

Fig. 1

PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST

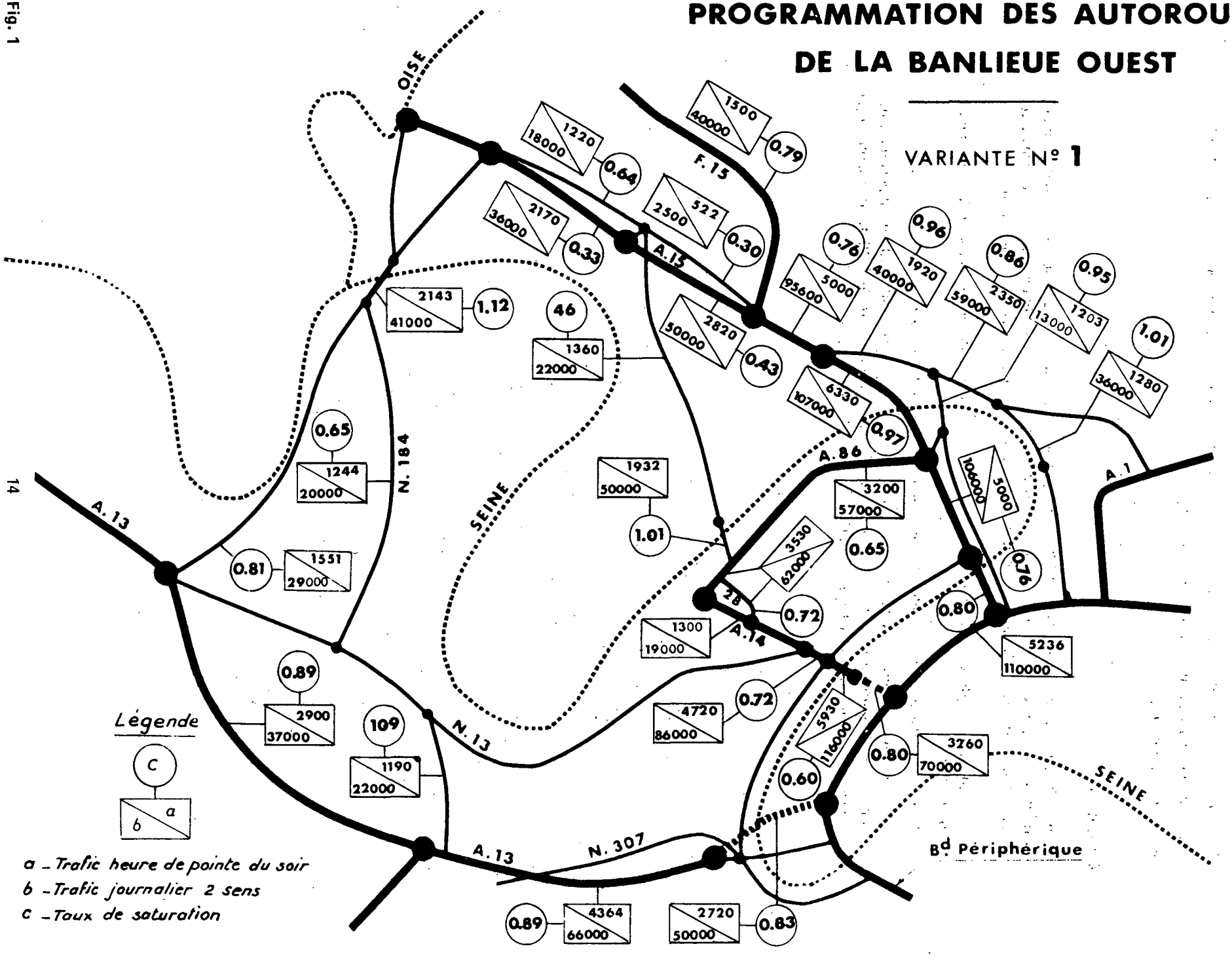
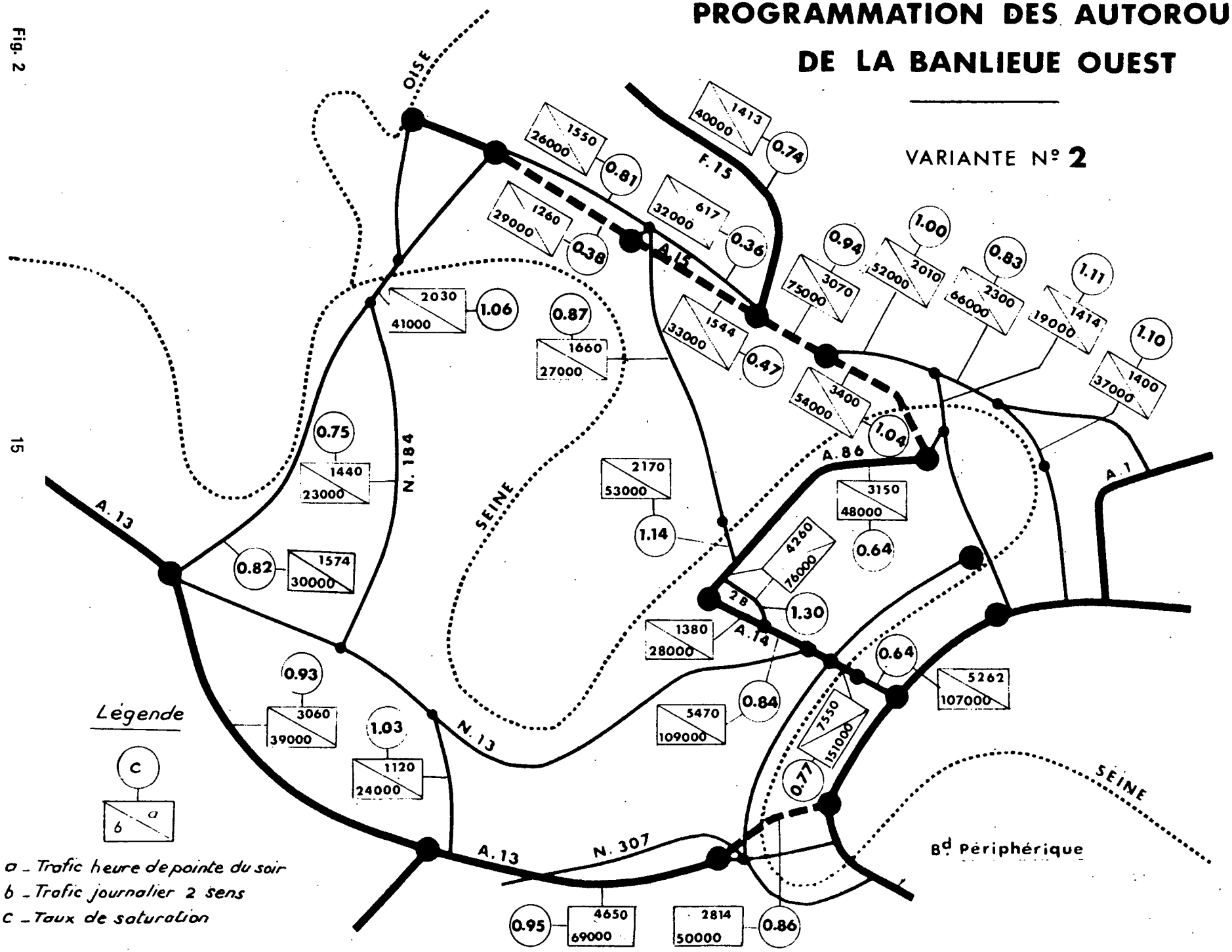


Fig. 2

PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST

VARIANTE N° 2



PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST

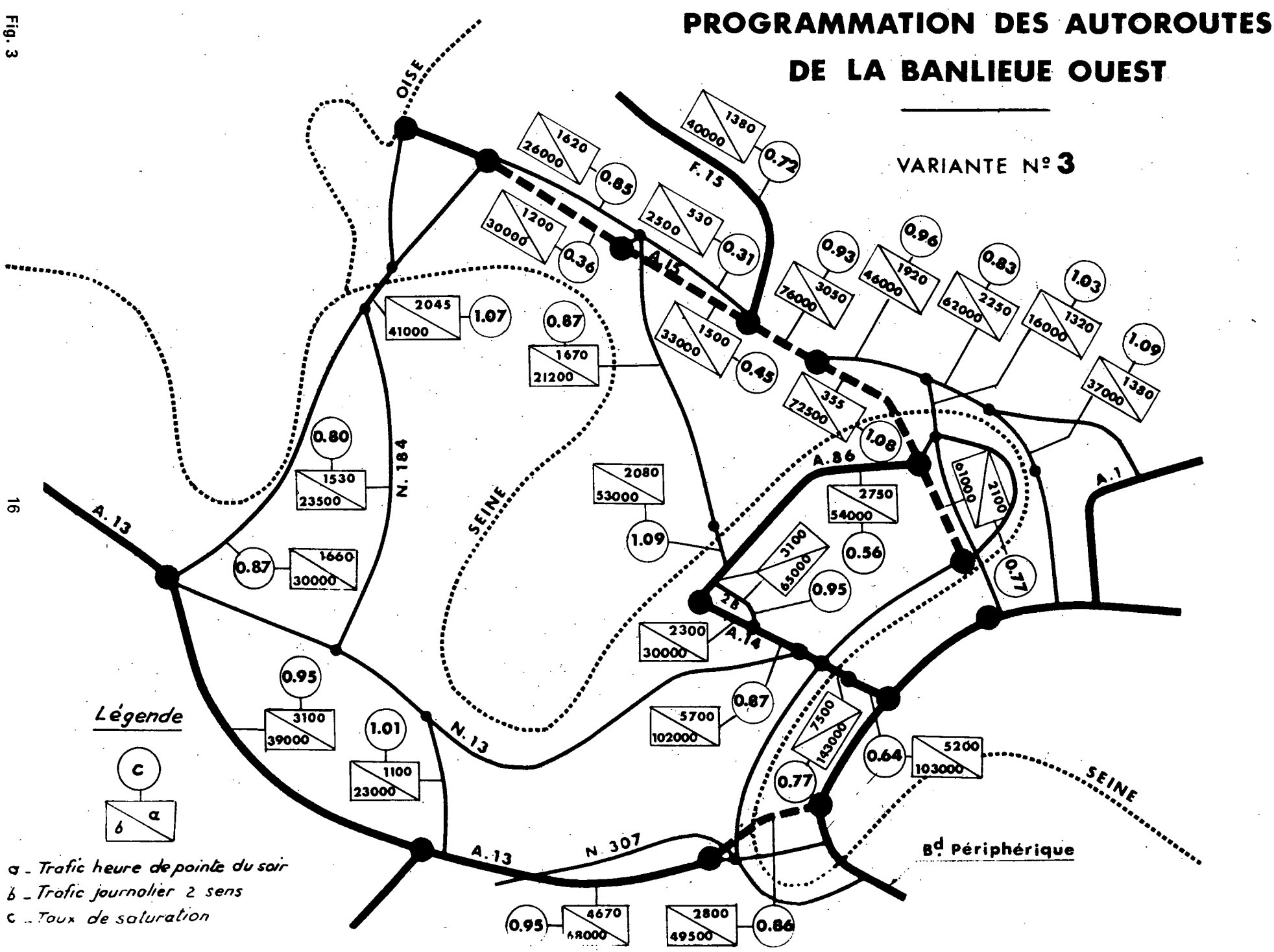


Fig. 3

PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST

VARIANTE N° 4

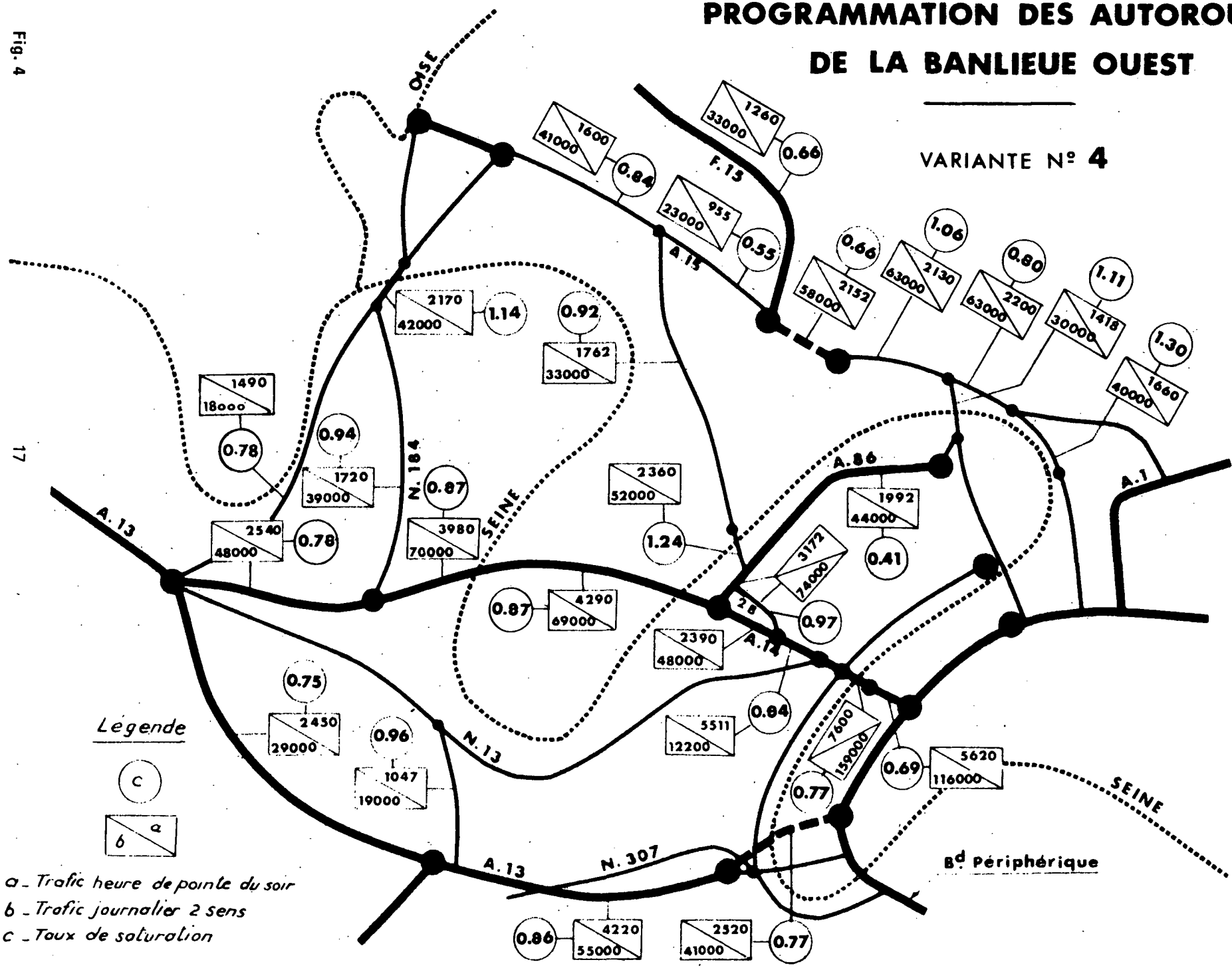
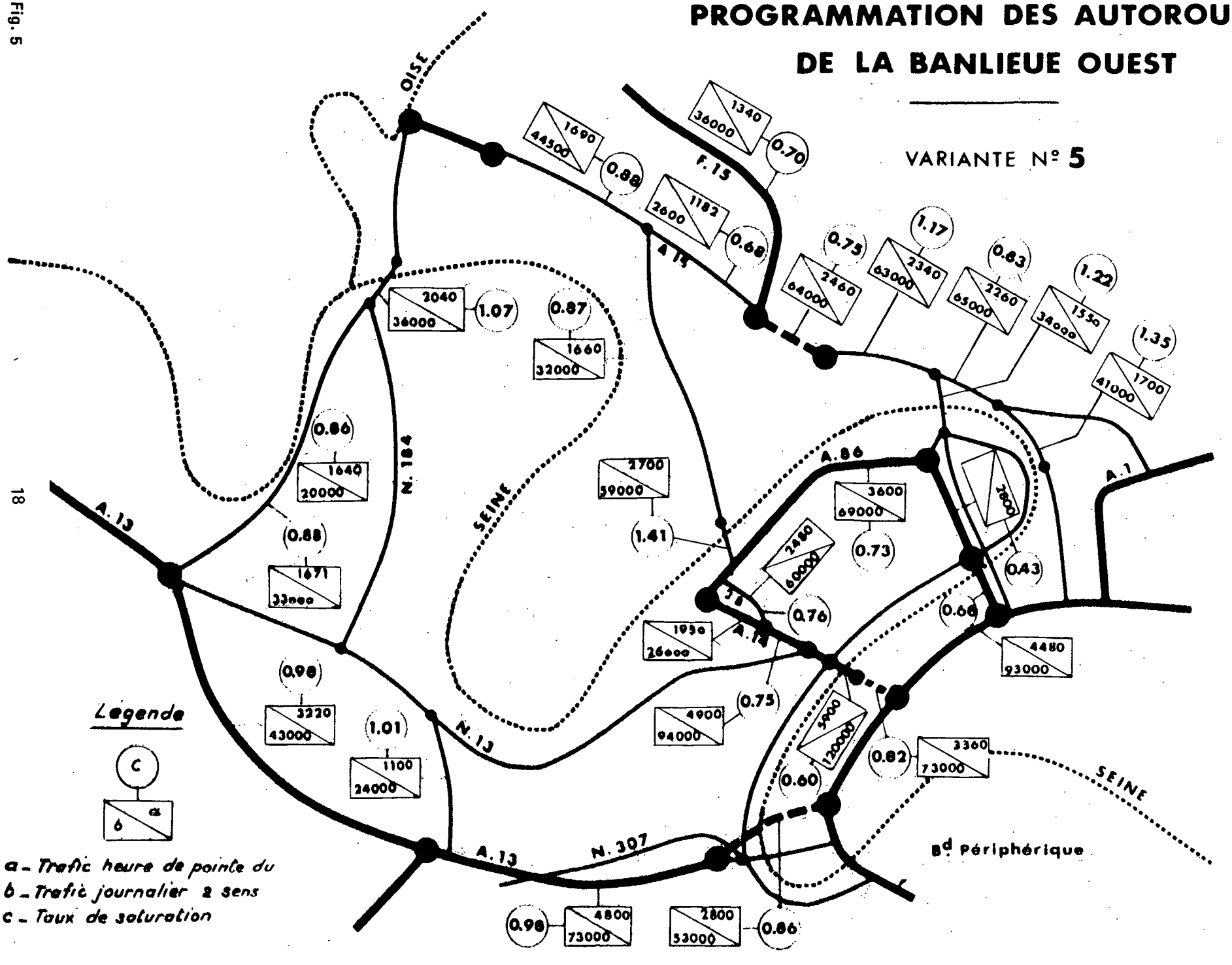


Fig. 4

Fig. 5

PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST



PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST

VARIANTE N° 6

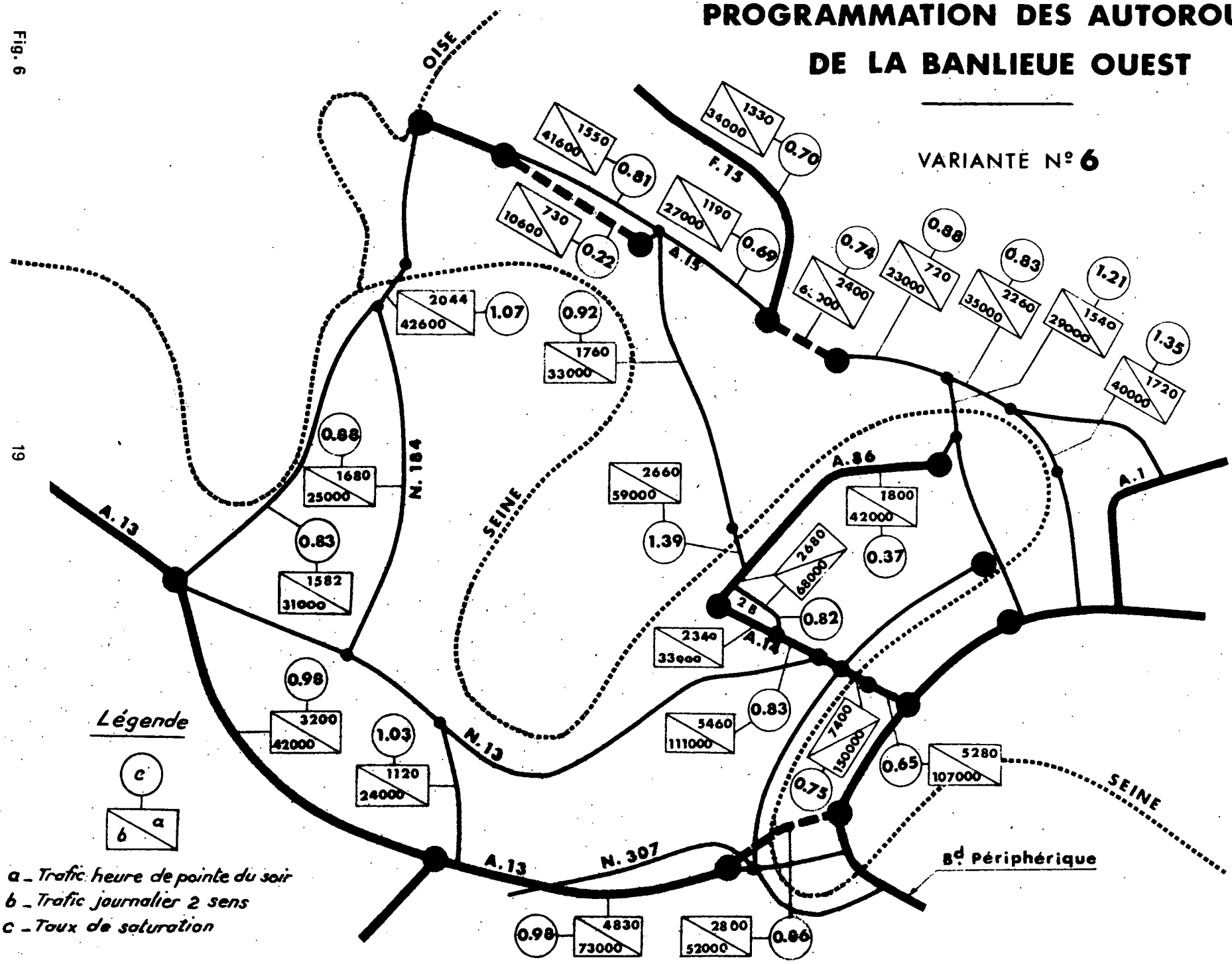
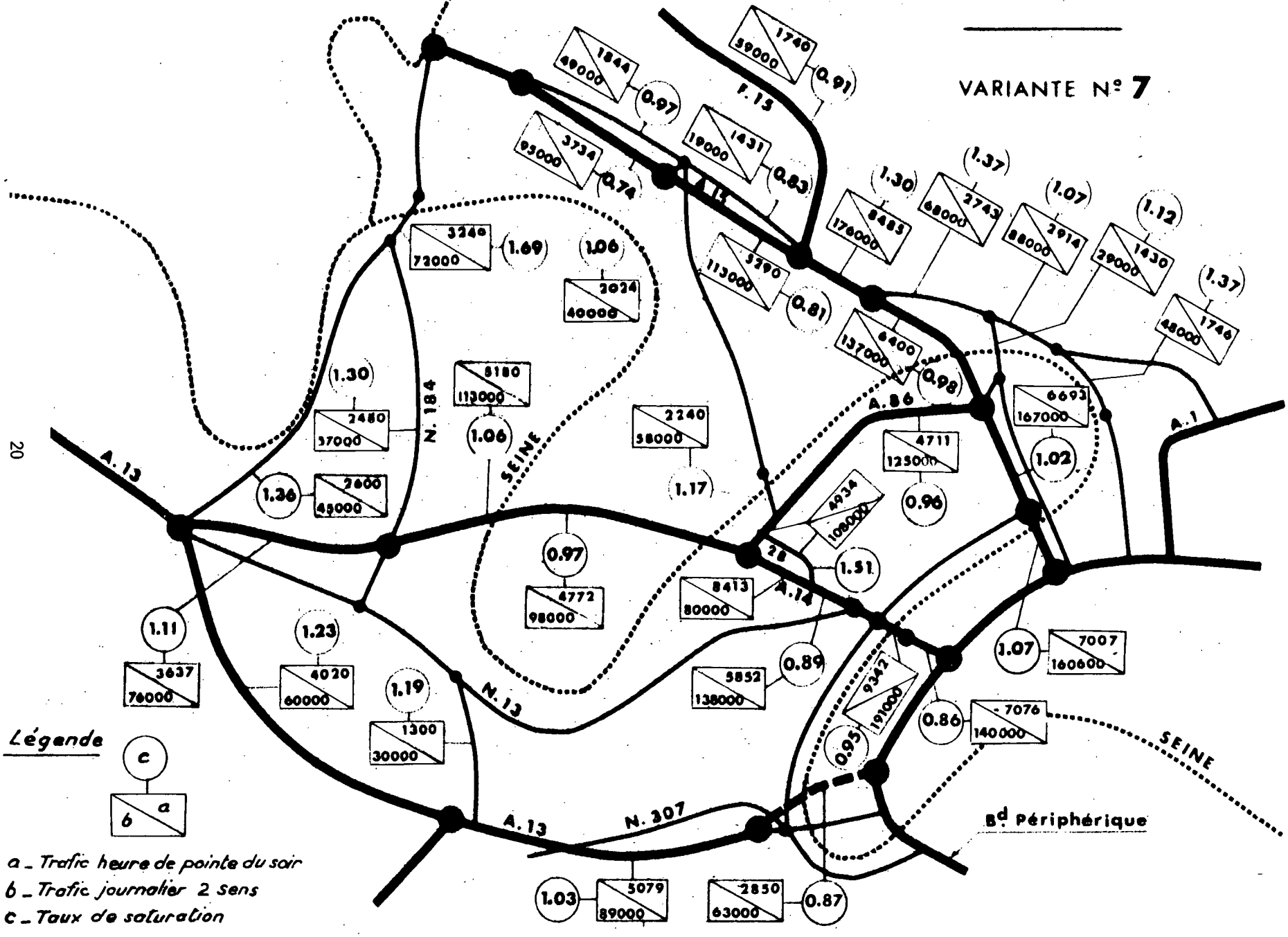


Fig. 6

Fig. 7

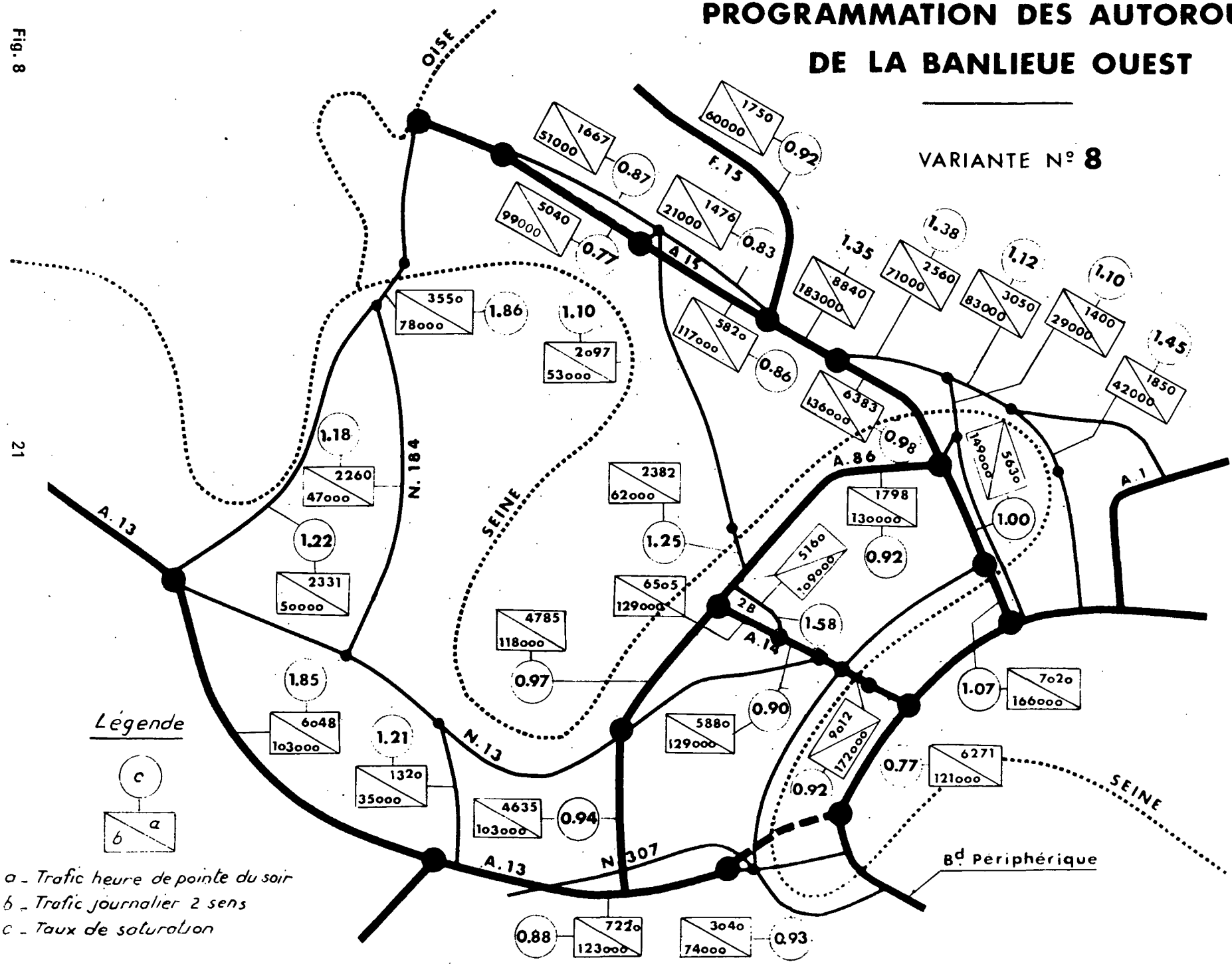
PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST

VARIANTE N° 7



PROGRAMMATION DES AUTOROUTES DE LA BANLIEUE OUEST

VARIANTE N° 8



4.2 Bilan des coûts collectifs d'exploitation

4.2.1 HORIZON 1975

Les coûts collectifs annuels des variantes furent présentés par tranches d'heures caractéristiques. Ces coûts prenaient en compte le coût d'utilisation des véhicules et les temps de déplacement valorisés, pour tous les usagers sur l'année (1975).

La valeur du temps choisie était la moyenne pondérée entre la valeur de 6 F pour les déplacements domicile-travail, 4 F pour les déplacements domicile autres et 4,50 F pour les autres déplacements.

On est arrivé ainsi à un tableau que nous reproduisons ci-dessous :

Coûts collectifs annuels (en MF)

Variantes 1975	Tranche n° 1 (Heures de pointe du soir)	Tranche n° 2 (Heures de pointe du soir)	Tranche n° 3 (Heures creuses)	TOTAL
V1	655	376	2.218	**3.249**
V2	665	385	2.249	**3.299**
V3	662	383	2.238	**3.283**
V4	673	389	2.227	**3.289**
V5	697	395	2.254	**3.346**
V6	694	397	2.263	**3.354**

L'examen du tableau a permis de classer les variantes en trois groupes de variantes (1 à 3) de coûts collectifs décroissants.

- groupe 1 : V1
- groupe 2 : V2, V3, V4
- groupe 3 : V5 et V6

Il est apparu illusoire de vouloir classer tout de suite les variantes à l'intérieur des trois groupes qui ont été déterminés : en effet, les coûts collectifs d'utilisation ne paraissaient pas significativement différents à l'intérieur d'un même groupe. Par ailleurs, **chaque groupe correspondait à un niveau de service différent.**

4.2.2 HORIZON 1985

Les coûts collectifs annuels calculés en utilisant les valeurs du temps (7,60 F pour les déplacements domicile-travail, 5 F pour les déplacements domicile autres, 6,25 F pour les autres déplacements) sont rassemblés dans un tableau de même nature que le précédent.

4.2.3 CLASSEMENT DES VARIANTES SUIVANT LEUR TAUX DE RENTABILITE IMMEDIATE

La solution de référence retenue était la variante n° 6, la moins coûteuse, tout en étant cohérente avec les objectifs poursuivis.

Le taux de rentabilité immédiate est le rapport des avantages collectifs annuels (de l'année de mise en service), au coût supplémentaire de construction.

Si Ci désigne le coût de construction de la solution i

Ei les coûts collectifs annuels

(o) l'indice de la solution de référence, le taux de rentabilité immédiate de la solution i, vient :

$$Ri = \frac{Ei - Eo}{Ci - Co}$$

On est arrivé ainsi à un tableau que nous reproduisons ci-dessous :

Taux de rentabilité en 1975

Variantes	Coûts collectifs	Coûts de construction restant à financer (MF)	Taux de rentabilité
1	105	356	30 %
2	55	208	26 %
3	71	326	22 %
4	65	252	26 %
5	8	74	11 %
6	0	0	-

L'exploitation de ce tableau a montré ainsi que, en fonction du taux de rentabilité, la variante « la meilleure » était la variante n°1, suivie de près par les variantes 2 et 4, puis dans l'ordre, par les variantes 3, 5 et 6.

La variante n°1 était significativement différente de la variante n°2 car son taux de rentabilité immédiate par rapport à la variante n°2 était de 34 %.

Le graphique de la figure 9 montre les points représentatifs des variantes pour 1975 des coûts collectifs d'utilisation et des coûts de construction.

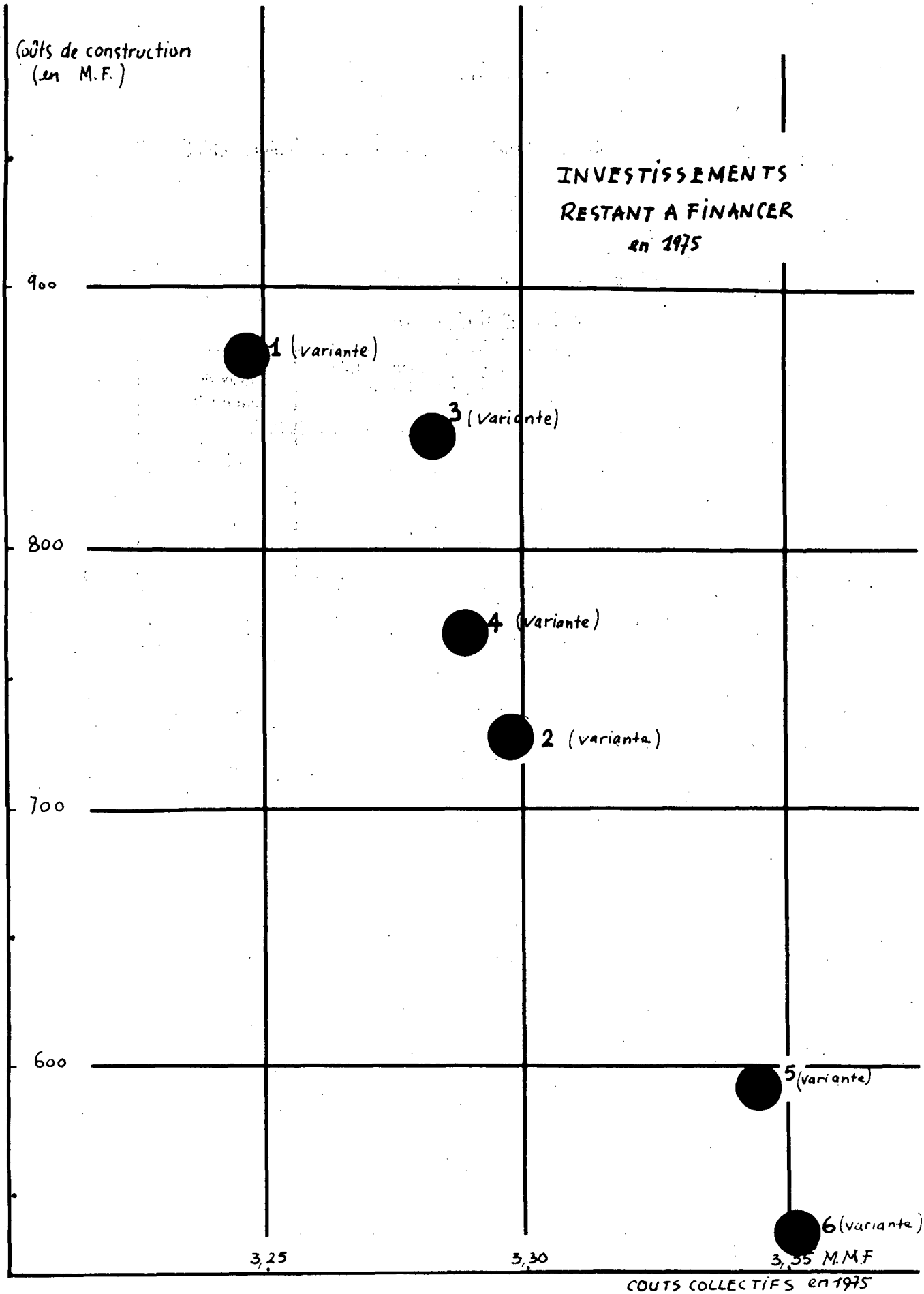

Coûts de construction
(en M.F.)
INVESTISSEMENTS
RESTANT A FINANCER
en 1975
900
800
700
600
1 (variante)
3 (variante)
4 (variante)
2 (variante)
5 (variante)
6 (variante)
3,25
3,30
3,35 M.M.F
COUTS COLLECTIFS en 1975

Fig. 9

4.2.4 COMPARAISON DES BILANS ACTUALISES

Chaque stratégie de variantes a été alors désignée par Vij

i = (1,22, 3, 4, 5 ou 6) désignait le n° de la variante en 1975
j = (7 ou 8) désignait le n° de la variante en 1985.

- La comparaison a porté systématiquement sur les six états possibles en 1975 et les deux états en 1985.

- ont été comparées successivement :

  V17, V27, V37, V47 et V57 à V67
  V18, V28, V38, V48 et V58 à V68
  et V67 à V68

- Le bilan actualisé est défini par :

$$(E - Eo) - (C - Co)$$

où E représente les coûts collectifs d'exploitation actualisés.

C représente les coûts de construction actualisés

o étant l'indice de la solution de référence.

- L'année d'actualisation était 1975, la période s'étendant sur 20 ans et le taux d'actualisation était près égal à 12 %.

Nous donnons en exemple ci-dessous le tableau des résultats de ce caclul qui a classé toutes les solutions par rapport à la variante V68 (cf. dernière ligne du tableau).

Variantes en 1975	V1		V2		V3		V4		V5		V6	
Variantes en 1985 V7 ou V8	V17	V18	V27	V28	V37	V38	V47	V48	V57	V58	V67	V68
Comparaison V67 à V68 (V67 - V68)											1231	-
Comparaison Vi7 à V67 et Vi8 à V68	179	179	72	72	64	64	78		- 14	- 14	-	-
Comparaison Vij à V68	1410	179	1303	72	1295	64	1309		1217	- 14	1231	0

Un tel tableau a permis de comparer les séquences 1975/1985. Dans l'exemple présent, les résultats ont mis en évidence la «supériorité» de la variante n°7 sur la variante n°8, et partant celles des séquences d'investissements prenant en compte la variante n°7 respectivement par rapport à celles prenant en compte la variante n°8.

- Pour la comparaison des séquences d'investissements on n'a donc retenu que les bilans effectués avec la solution de référence V67. Le classement établi selon les bilans actualisés décroissants a donné alors : V17 V47 V27 V37 V67 V57.

- La solution V57, de bilan actualisé négatif, dut alors être écartée.

On en a conclu qu'à ce point de vue, la meilleure des solutions était celle prenant en compte en 1975 la variante n°1; elle était suivie d'assez loin par les solutions établies avec les variantes 4 et 2 qui étaient équivalentes, puis par la variante 3.

4.3 Critères d'accessibilité

En l'occurence il s'agissait des accessibilités réciproques de Paris, de la Ville Nouvelle de Cergy-Pontoise, de la Vallée de Montmorency et de La Défense.

- **Courbes d'accessibilité** (voir figure 10).

Elles ont été établies en classant les différents secteurs en pourcentage de migrants dont la durée de déplacement est inférieure à un temps donné.

- En abscisse figurent les différentes classes de temps de déplacement.

Pour chaque liaison les temps ont été obtenus à partir des coûts ressentis entre secteurs (des heures de pointe du matin pour lesquelles les coûts sont les plus élevés), par déduction des coûts d'utilisation v.p. et des coûts de parking. On a tenu compte de la valeur du temps des usagers pour l'estimation des temps de déplacement.

- En ordonnée figurent les pourcentages cumulés des migrants évalués, soit selon le nombre des migrants sortant du secteur, comme Cergy-Pontoise et la Vallée de Montmorency, lieu de résidence, soit selon les migrants à destination du secteur comme La Défense et Cergy-Pontoise, lieux de travail.

L'examen des quatre groupes de courbes ainsi obtenues à permis de dresser un classement des différentes variantes en fonction des critères d'accessibilité de ces zones clés.

Un graphique a alors été établi en classant les variantes selon chaque critère sur une échelle cardinale décroissante de qualité de service (notée de 6 à 1).

Nous donnons ci-contre un exemple de courbe d'accessibilité et le graphique de comparaison des variantes à ce point de vue. Le même travail est fait pour les 2 variantes 1985. (figures 10 et 11).

On a pu ainsi de façon assez nette distinguer les avantages et inconvénients à ce point de vue des diverses variantes envisagées, car il apparaît des solutions qui sont meilleures que les autres pour toutes les relations ou pour un plus grand nombre de relations.

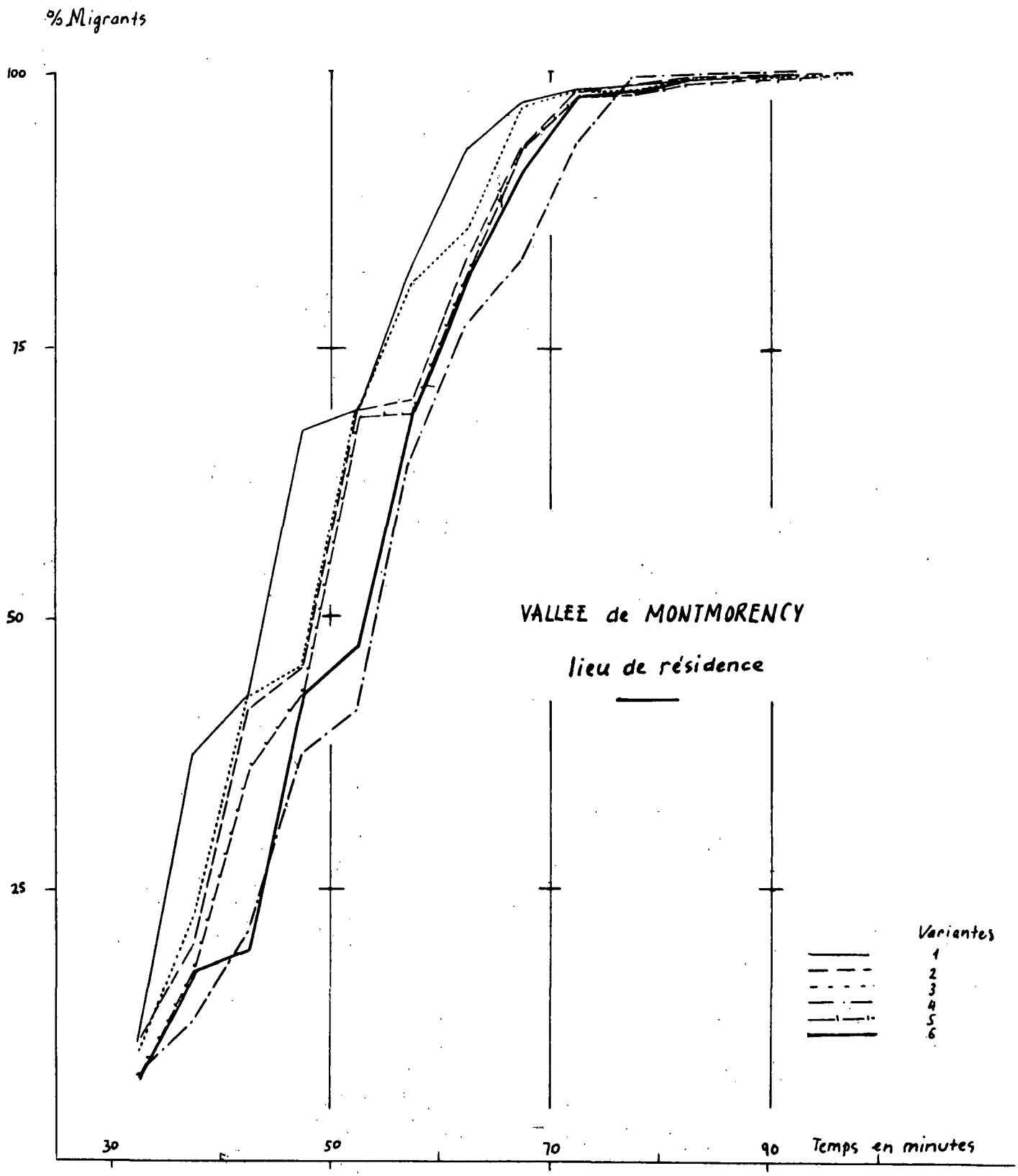
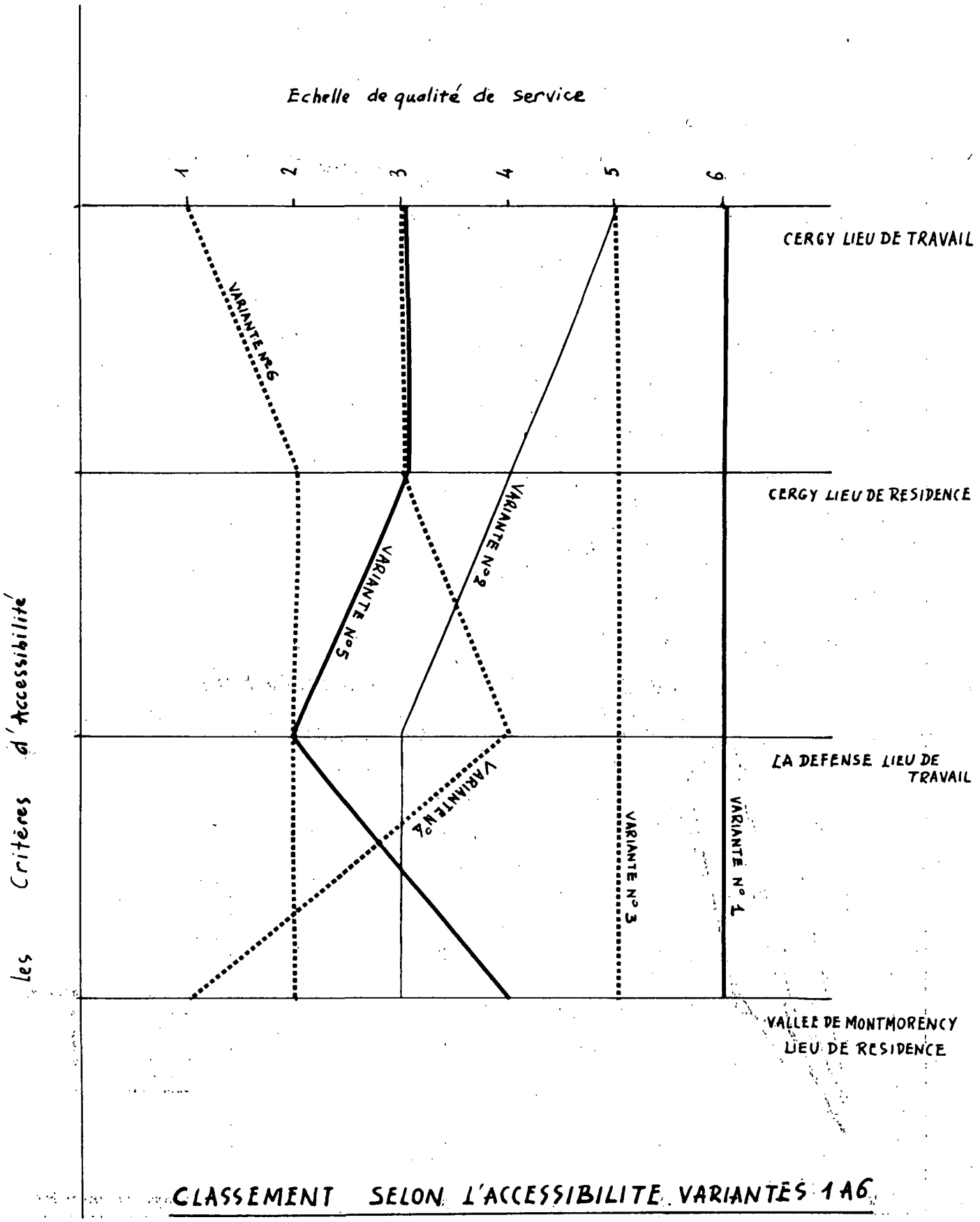

% Migrants
100
75
50
25
30
50
70
90
Temps en minutes
VALLEE de MONTMORENCY
lieu de résidence
Variantes
1
2
3
4
5
6

Fig. 10



CLASSEMENT SELON L'ACCESSIBILITE VARIANTES 1 A 6

Fig. 11

5 CONCLUSION GENERALE

- Les variantes ont été examinées successivement en fonction des différents critères retenus :
  - de la répartition du trafic sur le réseau
  - des coûts collectifs d'exploitation
  - du coût de construction
  - du taux de rentabilité immédiate
  - du bilan actualisé,
  - de l'accessibilité des zones clés.

La synthèse de ces résultats pour dégager un choix peut être assez difficile. Ces résultats constituent en effet, un faisceau de faits qui peuvent le plus souvent ne pas concorder, telle variante ayant l'avantage avec plusieurs critères, telle autre prenant l'avantage par un ensemble d'autres critères.

En l'occurence, dans le présent exemple, on a pu faire ressortir pour la variante 1 un net avantage pour presque tous les critères examinés (sauf sur celui du coût).

On se trouve de toute façon, et cela est bien normal, devant des **choix politiques** dont le plus fréquent est celui-ci : peut-on accepter telle dépense pour atteindre tel but, en l'occurence, souvent, tel niveau de service ? ...

La méthode en tous cas permet d'éliminer, de façon beaucoup plus sûre que par des raisonnements intuitifs (qui d'ailleurs se perdraient dans le véritable dédale d'un tel sujet d'examen) - permet donc, d'éliminer des solutions moins intéressantes sur divers critères, par rapport à d'autres solutions ayant les mêmes avantages ou des avantages supérieurs avec des coûts équivalents ou inférieurs.

On avait au début de l'étude, au milieu du très grand nombre de variantes possibles, éliminé d'abord, par un choix à priori :

- celles dont le coût était à priori trop élevé
- celles dont la réalisation ne pouvait avoir lieu pour l'horizon visé
- celles manifestement incohérentes à première vue au point de vue circulation
- celles contraires aux tendances d'urbanisation du Schéma Directeur.

La méthode a permis ensuite, parmi ce lot déjà restreint, d'éliminer de façon assez sûre certaines variantes et de finalement, arriver à ne mettre en concurrence qu'un faible nombre de solutions (en l'occurence, dans l'exemple choisi, 2 ou 3), pour lesquelles le choix sera en fait politique.

REMARQUE GENERALE

Nous n'avons pu exposé ici en détail les côtés **techniques** de la méthode, à savoir :

- les modèles de génération de la demande et le modèle de distribution qui ont été appliqués, et la critique qui peut en être faite.
- les modes de définition des réseaux, les hypothèses de capacité, relations débits-vitesses etc ...
- les modes de calcul des coûts d'exploitation (individuels et collectifs)

- les valeurs de temps des usagers (aux diverses époques considérées) -, enfin le modèle d'affection du trafic.

Des développements intéressants peuvent avoir lieu sur ces sujets dans le cas présent d'un réseau de voies rapides en zone urbaine et ils peuvent être très vastes : les méthodes employées dans l'étude décrite ici peuvent ne pas être les meilleures et doivent pouvoir être améliorées. Ce n'était cependant pas notre propos ici d'aborder ces sujets.

L'essentiel était de montrer que des études utilisant, tout en les adaptant, les méthodes des études économiques des investissements routiers, peuvent être effectuées pour aider les responsables à choisir entre les diverses solutions de réalisation progressive d'un réseau d'ensemble de voies rapides urbaines, et qu'il y a là un vaste domaine de recherche et de réflexion. Elles permettent d'éclairer plus complètement les responsables politiques devant les choix à faire, et s'intègreront dans une recherche en vue de la rationalisation des choix budgétaires.

2ème PARTIE

AMENAGEMENT PROGRESSIF "TRANSVERSAL" D'UNE VOIE URBAINE PRISE ISOLEMENT

Dans le cadre de toute étude d'aménagement progressif d'un réseau de voies rapides nouvelles en zone urbaine, le problème se pose, pour chaque voie le constituant, du choix entre : réaliser la voie de suite avec ses caractéristiques définitives, prévues pour l'horizon final visé, ou bien : extraire du projet de la voie à long terme celui d'une voie plus modeste et moins coûteuse et dont on verra plus loin quelle pourrait être sa conception dans divers cas. C'est ce problème qui sera examiné ci-après.

Le choix de la séquence découle de l'étude générale de **la progressivité de réseau** traitée en 1ère partie. Il suffit pour une voie donnée d'examiner si les trafics obtenus peuvent pour un horizon donné se satisfaire d'une réalisation partielle. Comme le coût risque d'être changé, on recommence alors les calculs de rentabilité et de bilan économique pour chaque valeur du coût du réseau.

Notre propos se bornera donc ici à examiner les problèmes **techniques** très particuliers que pose la réalisation par phases d'une grande voie rapide urbaine, (prise comme on l'a vu comme une percée nouvelle en tissu urbain pré-existant).

Ces aménagements progressifs posant quelques **problèmes** techniques difficiles, il faut, dans chaque cas concret, regarder d'abord de très près si on peut bien, en fait, ne réaliser qu'une partie de l'état définitif.

On risque en effet :

- d'être obligé d'engager quand même une proportion importante des aménagements définitifs, auquel cas on pourrait être amené à conclure qu'il est peu «rentable» de différer la dépense correspondante aux travaux dont la remise à plus tard est envisagée,
- d'entraîner de trop grandes complications des travaux (nous pensons en particulier aux échangeurs, aux rétablissements du réseau de voies urbaines traversées),
- d'entraîner dans le futur, une perturbation trop grande de l'exploitation de la dite voie, ou de la circulation sur les voies urbaines voisines (ce sera en effet une deuxième perturbation).

Ces facteurs sont bien difficiles à appréhender dans leurs généralités en zone urbaine, car chaque cas est un cas particulier, les projets étant très peu typifiés et les conditions d'environnement variant à l'infini. (Par exemple dans la Région Parisienne en dehors du Paris Intra Muros, la même autoroute radiale traversera des zones urbaines denses, des zones à caractère industriel prédominant, des zones suburbaines pavillonnaires plus ou moins denses, puis des espaces qui sont libres actuellement mais où des réalisations importantes sont prévues, et cela jusqu'à la rase campagne pure, avec successivement toutes les situations intermédiaires possibles).

Il n'est cependant pas impossible de dégager **quelques principes généraux,** souvent applicables, destinés à guider l'action et que l'on devra bien entendu essayer de modeler à chaque cas particulier. Pour cela nous passerons en revue ci-après les différentes parties d'une réalisation de voie rapide.

Nous avons par ailleurs joint en annexe des considérations sur **quelques problèmes techniques posés par la progressivité de réalisation de voies rapides urbaines** ainsi que des considérations sur l'usage des ouvrages démontables provisoires dits toboggans, dans le domaine des aménagements progressifs.

A) LES ACQUISITIONS DE TERRAINS, OU PLUS GENERALEMENT, LA LIBERATION DES EMPRISES

Cette opération entraîne le plus souvent des opérations de relogements ou de déménagements d'entreprises, et une règle - de bon sens - sera pour des raisons nombreuses et assez évidentes, **d'acquérir de suite les terrains nécessaires aux phases définitives.**

Dans ce cas, l'enquête préalable à la D.U.P. sera lancée sur la base du projet définitif, le dossier indiquant cependant qu'une première phase de réalisation aura lieu (il pourra même donner des indications générales sur cette première phase). La longueur des procédures d'acquisitions et de relogement militent très fortement pour la réalisation en une seule fois de ces opérations.

De plus, la plupart des projets de voies rapides en zone urbaine ou suburbaine entraînent un **remaniement de l'environnement** qu'il est nécessaire d'entreprendre le plus tôt possible et qui souvent est la conséquence de la première phase seule.

Par ailleurs, le projet entraîne la réalisation de **voies de desserte** parallèles à l'autoroute qui doivent être réalisées dès la première phase et évidemment presque toujours à leur emplacement définitif et avec les raccordements définitifs à la voirie existante.

Le fait que les acquisitions et relogements sont une part importante de la dépense définitive (en rase campagne : 10 % à 15 %, en zones urbaines ou suburbaines, cela peut atteindre 30 %), réduit certes **l'intérêt relatif des aménagements progressifs** mais il ne faut pas dans ce domaine particulier, raisonner seulement sur des valeurs relatives, en pourcentages, mais aussi ne pas oublier que les **valeurs absolues des dépenses différées** peuvent être ici très importantes.

C'est ainsi que en Région Parisienne, on a constaté que, pour l'autoroute Paris - Pontoise A.15, on ne peut gagner qu'environ 100 à 150 Millions sur 800 Millions, en ne réalisant que 4 voies au lieu de 8 sur les 3/5 du tracé. Mais ces 150 Millions pouvaient être très précieux ailleurs ... (cela représente 30 km d'autoroute de rase campagne ! ...).

B) LES TRAVAUX

Il faut dans chaque cas essayer de chiffrer **la dépense supplémentaire,** conséquence de l'aménagement progressif. Il ne semble pas possible de dégager une règle générale mais ce que l'on sait c'est qu'il y a certainement **des dépenses supplémentaires** dues aux faits suivants :

- Coût supérieur de certains travaux gênés par le trafic de la voie réalisée en 1ère phase (élargissement des chaussées par exemple).
- Nécessité de prendre des mesures parfois coûteuses pour tenir compte du trafic des voies environnantes. Ce sera en effet la deuxième perturbation apportée à l'exploitation des voies urbaines environnantes et cette deuxième perturbation sera en général plus grave que la première, les conditions de contraintes subies par le trafic étant alors plus sévères puisque le trafic aura en général augmenté entre temps. En particulier, on trouvera moins facilement des itinéraires de déviation.

Ces considérations générales et d'autres facteurs spécifiques à chaque sorte de travaux peuvent conduire à écarter le report en seconde phase de certains éléments des travaux.

B.1 LES RETABLISSEMENTS DES RESEAUX

Les rétablissements des réseaux, dont le coût est souvent important ne peuvent en général être différés surtout en ce qui concerne les rétablissements des importants ouvrages souterrains (émissaires, galeries techniques, etc ...) que l'on peut rencontrer.

Il y a lieu de noter que ces rétablissements de réseaux représentent souvent de 5 % à 10 % du montant total de l'opération, ce qui en valeur absolue peut être assez élevé.

B.2 LES RETABLISSEMENTS DE COMMUNICATIONS

Il en est de même des rétablissements de communication. Sans que cela soit absolu, il est souvent impossible de les différer. Il y a d'abord des raisons d'ordre urbanistique car l'aménagement de l'environnement, très lié au nouveau système de voirie, doit en général être entrepris dès la première phase. La trouée provoquée par celle-ci nécessite d'ailleurs par elle-même, un remaniement de la voirie.

Il y a aussi des raisons d'ordre opérationnel : nous pensons en particulier aux passages inférieurs. Bien que l'on sache réaliser des passages inférieurs après coup sous une voie rapide en travaillant en trois parties ou par emploi de platelages métalliques, le coût de telles opérations peut être assez élevé et perturbe l'exploitation de la voie. Il faudra en tous cas, examiner de près chaque cas qui se présente.

Ce principe général posé, il y a lieu cependant de le limiter quelque peu, en particulier quand il ne s'agit pas de rétablissements nécessaires immédiatement, mais quand il s'agit plutôt de prévoir le passage de voies futures (prévues par exemple au Schéma de Structure de la zone traversée).

L'expérience montre alors : que si la voie future doit passer au-dessus de la voie rapide et si sa réalisation est assez éloignée, on peut différer l'exécution de l'ouvrage, le travail de réalisation d'un ouvrage d'art au-dessus d'une voie rapide existante même fort chargée était devenu courant et étant en fait peu onéreux. Cela imposera surtout des mesures de sécurité fort strictes auxquelles les entrepreneurs devront s'habituer.

Cependant cela pourra imposer, soit de réaliser de suite les fondations et le départ des piles sur terre-plein central, soit de prévoir dans le futur un ouvrage sans pile centrale. La deuxième solution est souvent possible si l'ouvrage n'est pas trop biais. La première suppose connue exactement le tracé de la future voie et cela soulève la difficulté signalée et développée plus loin et qui touche à « l'incertitude de l'avenir », en ce qui concerne plus particulièrement la consistance exacte des travaux futurs qui peut profondément être différente des prévisions si l'éloignement dans le temps est assez grand.

- Si la voie future doit pour des raisons de profil ou d'autres raisons impératives, passer en-dessous de la voie rapide construite en première phase, la façon dont on traitera le problème dépendra du degré de certitude de l'avenir en ce qui concerne cette voie :
- Si cette voie est certaine quant à sa réalisation et que son tracé peut sans inconvénient être déjà fixé - et que cette réalisation est proche (quelques années), on aura avantage à réaliser de suite le passage inférieur correspondant.
- Si la réalisation de cette voie est assez lointaine (par rapport à la mise en service de la voie rapide réalisée en première phase), on pourra admettre que l'on réalisera le P.I. plus tard sous la voie rapide mise en circulation. En fait, de nos jours, on peut mettre en jeu des moyens techniques ayant pour résultats de troubler peu la capacité de la voie (sinon son niveau de service).

B.3 Les échangeurs :

Le problème se pose de façon tout à fait cruciale pour les échangeurs (nœuds et aussi diffuseurs). On peut même dire que la plupart du temps ce sera là, la «pierre de touche» qui conduira ou non à adopter un aménagement progressif.

Les adversaires des aménagements progressifs des autoroutes et voies rapides urbaines - car il y en a - soulèvent d'abord ce problème. Il est de fait que c'est là que les problèmes les plus ardus se posent.

Cela sera d'autant plus net que le nombre d'échangeurs sera souvent élevé, par exemple quand il s'agira d'une voie rapide urbaine devant servir à la desserte comme au trafic de «dégagement» de la partie la plus dense de l'agglomération, ainsi qu'au trafic de transit vers le réseau de liaison extérieur à l'agglomération.

Nous poserons ce problème de plusieurs façons :

B.3.1 Comment traiter les échangeurs en première phase quand il s'agit pour une voie donnée de la réaliser avec des caractéristiques provisoires dans cette phase ?

a) par exemple : carrefours à niveau en première phase, puis dénivelés.

b) par exemple : carrefours à niveau séparés dès la première phase, mais réalisation d'une partie seulement du profil en travers de la voie.

B.3.2 Comment tenir compte dans les échangeurs (surtout dans les nœuds) des autres voies rapides plus lointaines qui sont prévues et qui doivent y aboutir ? On sent que la façon de traiter le problème pourra être différente suivant que la réalisation de ces autres voies est prévue à moyen terme (10/15 ans) ou à très long terme (25/30 ans).

B.3.3 Comment même tenir compte dans les échangeurs de la réalisation progressive de l'ensemble du réseau maillé de voies rapides ? (on pourra en effet avoir besoin, dans les premières phases, de certaines liaisons que la réalisation plus lointaine d'autres voies rapides rendra inutiles).

Nous avons tenté de donner quelques réponses générales à ces questions, que l'on trouvera en annexe à la présente partie.

Le survol rapide - et non exhaustif - ainsi effectué montre combien le problème des échangeurs dans toute opération de réalisation progressive est complexe et varié mais que l'on doit pouvoir trouver des solutions adaptées à chaque cas.

En particulier et ce sera là notre principale conclusion, plus encore dans les échangeurs que pour les autres parties constituantes de la voie, il y aura lieu, lors de l'élaboration du projet et dès les phases préliminaires des études (A.P.S et même esquisses précédant l'A.P.S), de «**penser réalisation progressive**», c'est-à-dire non pas de dresser d'abord un projet entier futur puis d'essayer tant bien que mal d'en extraire une première phase, mais plutôt de concevoir le projet de façon à être le plus facilement possible réalisable en plusieurs phases.

Il nous est apparu que peu de projets de grandes voies rapides urbaines ont été ainsi conçus. Il semble qu'hypnotisés par les schémas futurs, on ait un peu oublié les étapes intermédiaires ...

Il est donc important d'attirer l'attention des services projeteurs sur ce point qui est d'autant plus important que l'on rencontre des voies d'un tel coût dans leur état futur qu'il ne peut être question de les réaliserde suite dans cet état sans crever par elles seules les «enveloppes» financières générales, et d'ailleurs leur réalisation globale fournirait un outil surdimensionné pendant un certain nombre d'années. **L'aménagement progressif est dans ce cas inévitable,** et il ne faut pas se le dissimuler.

Y a-t-il possibilité d'édicter des règles, même très générales, en ce qui concerne la façon dont on peut concevoir un projet de façon à ce qu'il puisse être assez facilement réalisable en plusieurs phases. Nous ne le pensons pas, il y a évidemment trop de cas d'espèces. Mais le bon sens montre vite qu'il y a des structures facilement réalisables en plusieurs phases et d'autres qui le sont moins.

Si donc on sait qu'un projet devra obligatoirement être réalisé en au moins 2 phases, (exemple : percée devant être dimensionnée à 2 fois 5 ou 6 voies à l'horizon 1990 ou 2000), on s'efforcera, même si cela n'apparaît pas comme la meilleure solution technique (et même s'il y a d'autres inconvénients d'ordres esthétique ou urbanistique) de prévoir des structures aptes à la réalisation progressive et de dresser simultanément les projets de l'horizon final et du ou des horizons intermédiaires.

B.4 Aménagements progressifs en section courante :

En fait, la réalisation d'une grande voie rapide en trouée urbaines (dans un tissu urbain ou suburbain existant) se heurte à des difficultés surtout aux **échangeurs(diffuseurs et nœuds).** Cependant, l'aménagement progressif en section courante pose certains problèmes, qu'il est plus facile de systématiser.

Le problème dépend du nombre de voies à atteindre à l'horizon visé en phase définitive.

Il est bien rare que l'on effectue une trouée pour une voie rapide se limitant à 2 fois 2 files. Si cela est, cependant, on ne voit guère comment on pourrait passer par une phase intermédiaire, une simple chaussée de 7 m pour les 2 sens ne rendant que de faibles services vis-à-vis des trafics à atteindre en zone urbaine. Cela peut se rencontrer cependant dans des zones en cours d'urbanisation (villes nouvelles ...), à leurs débuts, cas pour lequel les problèmes rejoignent ceux de la rase campagne puisqu'en principe on travaille en terrain vierge.

Le problème qui se posera le plus souvent est donc celui d'une **voie future importante** (2 × 3 voies, 2 × 4 voies ... ou plus), **dont on ne réalise qu'une chaussée dans l'immédiat.** Quelques règles générales peuvent être dégagées et nous renvoyions à l'**annexe** à la présente 2ème partie qui donne des exemples de tels aménagements partiels.

- Il ne faut pas oublier également qu'en section courante un aménagement en première phase peut consister **à ne réaliser que les voies latérales qui seront dans l'avenir des voies de rétablissement et de desserte** et qui serviront de voies principales en attendant.

Cette solution assez souvent appliquée à de multiples avantages :

- réalisation définitive, dès la première phase, des raccordements aux voies de distribution,
- coût relativement peu élevé par rapport à celui de la voie principale,
- facilités de réalisation de la phase définitive.

Dans ce cas, la surface totale de l'emprise sera acquise dès la première phase mais de toute façon cela ne peut pas être évité coome on l'a vu ci-avant.

C CHOIX DES SEQUENCES D'AMENAGEMENT PROGRESSIFS :

Ce choix ne pourra être fait indépendamment des autres voies du réseau.

On procédera donc comme indiqué à la 1ère partie et à son annexe, c'est-à-dire :

- choix à priori des réseaux partiels à un horizon donné,
- calcul des trafics sur les différentes sections d'autoroutes faisant partie des différentes variantes de réseau.

Si par exemple, pour une section d'autoroute, on trouve un coefficient faible de saturation à l'horizon intermédiaire, par rapport à sa capacité à l'horizon final, on pourra examiner si une réalisation partielle à cette voie ne suffit pas sur cette section.

L'étude conduit alors par exemple, pour cette section à 2 projets :

- l'un s'adaptant au trafic trouvé pour l'horizon intermédiaire,
- l'autre étant celui prévu pour l'horizon final.

Le calcul du bilan économique à l'horizon intermédiaire est alors effectué 2 fois, avec prise en compte de chacun de ces coûts (il peut y avoir d'ailleurs dans les variantes de réseau à l'horizon intermédiaire plusieurs sections de voies pour lesquelles le problème de l'aménagement progressif se pose).

Les comparaisons des bilans économiques portent alors sur les variantes trouvées en combinant l'aménagement progressif de réseau et l'aménagement progressif des sections de voies qui le composent.

C'est de cette façon que l'on peut considérer l'**aménagement progressif d'une voie en dépendance avec le reste du réseau.**

Bien entendu, là encore la comparaison des bilans économiques ne peut suffire et il faut le plus souvent faire appel à d'autres critères (par exemple, comme dans l'exemple de l'annexe à la 1ère partie : temps de parcours et accessibilité de «zones clefs»).

ANNEXE II

ANNEXE A LA DEUXIEME PARTIE

I - QUELQUES PROBLEMES TECHNIQUES POSES PAR LA PROGRESSIVITE DE LA REALISATION DE VOIES RAPIDES URBAINES

A ECHANGEURS

A.1 Première question.

Comment traiter les échangeurs en première phase quand il s'agit, pour une voie donnée de la réaliser avec des caractéristiques provisoires dans cette première phase :

A.1.1 Par exemple : voie principale rencontrant des voies de distribution d'abord à niveau, puis à niveaux séparés.

A.1.2 Par exemple : voie principale rencontrant des voies de distribution à niveaux séparés mais dont on ne réalise de suite qu'une chaussée sur deux.

Réponses

A.1.1 Le traitement des échanges à niveau en première phase de tout ou partie de la voie principale avec la voirie existante (diffuseurs), en prévoyant la transformation ultérieure en diffuseurs à niveaux séparés, est souvent envisagé.

La principale difficulté des travaux de réalisation de la première phase sera celle que l'on rencontrera pour maintenir les liaisons du carrefour intéressé pendant les travaux de la seconde phase et aussi surtout pour maintenir le trafic sur la voie rapide principale, ou pour l'interrompre au minimum .

Une solution sera de préfigurer l'aménagement définitif dans le dessin du carrefour provisoire. Par exemple un futur diffuseur en losange (avec voie rapide au-dessus) pourra dès la première phase être dessiné en plan comme le losange futur. Le trafic de la voie rapide continuera, pendant les travaux de construction du P.S., à passer par les bretelles se raccordant à niveau avec la voie rencontrée.

La même solution peut être adoptée si on fait passer en seconde phase la voie rapide sous la voie rencontrée par une trémie (il se pose cependant dans ce cas, le problème du maintien du trafic de cette voie rencontrée).

La première phase pourra certes ne pas reprendre le dessin exact du futur losange mais comme de toute façon il est préférable de prévoir en première phase la libération des emprises du futur échangeur, il n'y a pas de contre-indication à cette méthode.

On pourra aussi réaliser un carrefour à niveau voie rapide/voie traversée, sans aucun, tourne à droite ou à gauche, les liaisons étant assurées par des voies situées à l'emplacement des futures bretelles du losange.

Cet exemple montre que l'on peut certes prévoir assez facilement la réalisation de diffuseurs en 2 phases : à niveau puis niveaux séparés, une étude spécifique assez poussée étant menée dans chaque cas pour étudier la possibilité d'un tel aménagement progressif en fonction des conditions locales.

D'une façon générale la ligne de conduite sera de réserver en première phase l'emplacement de l'ouvrage futur afin de ne pas interrompre ultérieurement les trafics lors de sa construction.

A.1.2 Le cas du **diffuseur à niveaux séparés dès la première phase,** mais avec **réalisation d'une partie seulement de la voie principale dans le sens de la largeur** est intéressant car il devrait souvent se rencontrer.

Ces diffuseurs sont le plus souvent en losange, la voie principale étant au niveau - 1 ou + 1.

Si on se trouve en déblais (niveau - 1), on aura réalisé en général tout le terrassement et on placera alors les bretelles du losange à leur emplacement définitif, l'ouvrage du diffuseur étant lui aussi dans son état définitif.

On ne différera donc rien du diffuseur futur. On ajoutera ce qui apparaît peu de choses, que des allongements de 2 bretelles sur 4, vers celle des 2 chaussées de la voie rapide qui seule aura été réalisée en première phase.

Si la voie rapide est au niveau + 1, on rencontre 2 cas :

- la voie rapide est en remblais (avec Pl de la voie rencontrée sous la voie rapide) : la même solution que précédemment peut être facilement réalisée.
- Si la voie rapide est en section continue de viaduc (pour d'autres raisons, d'ordre urbanistique par exemple) et si par exemple, on ne prévoit en première phase qu'un viaduc sur deux (cas de la voie rapide future à 2 fois 4 voies, réalisées en première phase avec 2 fois 2 voies), on se trouve devant un cas difficile où :
- soit on abandonne provisoirement la desserte par diffuseur en ce lieu (ceci n'est pas toujours impossible).
- soit on réalise des bretelles se raccordant provisoirement à l'ouvrage unique ... C'est une solution souvent impraticable (ces bretelles doivent elles-mêmes être en viaduc). L'emploi d'ouvrages provisoires démontables peut être étudié mais ils sont chers et ne peuvent guère s'adapter à de tels emplois.

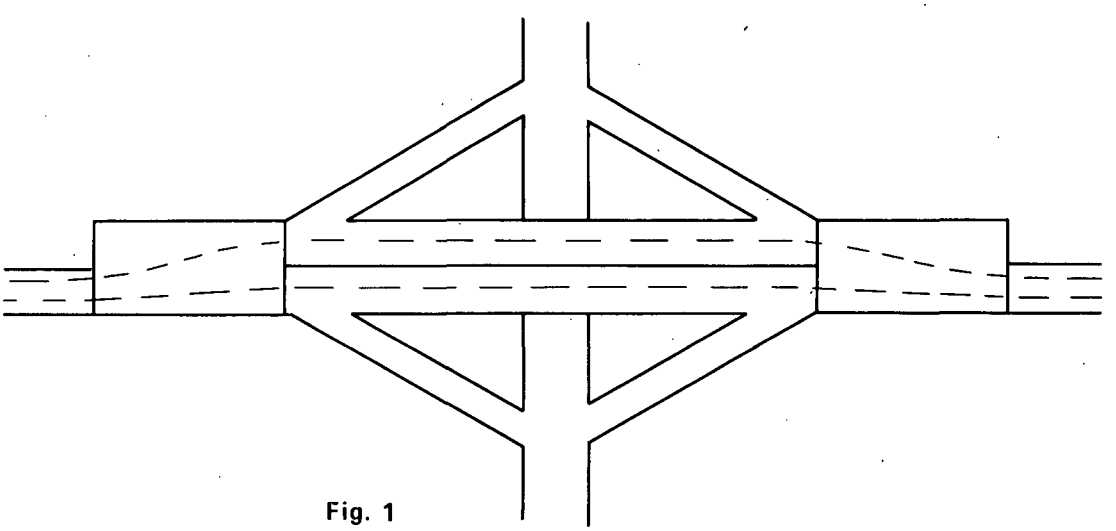


Fig. 1

- soit on réalise en ce point les 2 viaducs finaux et l'échangeur futur complet. Le passage de 2 viaducs à 1 viaduc de part et d'autre du diffuseur peut se faire soit en prévoyant un viaduc de double largeur, soit un passage provisoire entre les 2 viaducs là où une des chaussées de la voie rapide doit traverser l'intervalle entre les 2 viaducs futurs. (fig. 1 et 2)

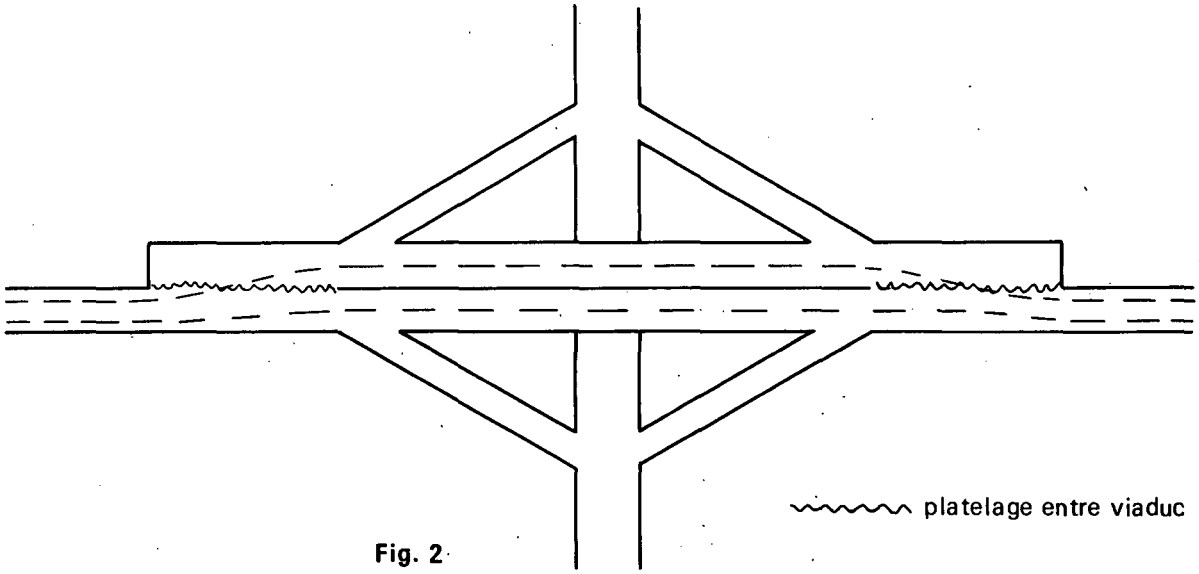


Fig. 2

A.2 Deuxième question

Comment tenir compte, dans un échangeur (et surtout dans un nœud), des voies rapides dont la réalisation est lointaine et qui doivent y aboutir un jour.

On trouvera souvent le cas d'une voie rapide (réalisée elle-même en plusieurs phases dans le sens de la largeur) et rencontrant **le tracé d'**une voie rapide future avec laquelle on doit prévoir le moment venu un certain nombre d'échanges.

On pourra certes choisir la solution de réaliser de suite l'échangeur dans son état définitif si la réalisation de l'autre voie est assez proche et que son étude a été assez poussée. Si cependant cette voie est assez lointaine, on devra évidemment s'efforcer à ce que la majorité des ouvrages entraînés par cette nouvelle voie constituent **des passages supérieurs,** donc des ouvrages relativement faciles à réaliser le moment venu, et surtout, laissant la possibilité de modifier le tracé de la future voie sans risque de «perdre» des travaux réalisés en première phase. Ceci est idéal. Il est des cas cependant où cela est possible, au besoin en modifiant quelque peu ce que serait le projet de la première voie si elle devait rester seule.

Si cependant cela se révèle absolument impossible pour certaines traversées et que un ou plusieurs ouvrages du futur nœud sont des PI de la première voie, on peut se poser le problème de leur réalisation dans l'immédiat.

Si la seconde voie est certaine, si l'on a fait accepter son tracé et que celui-ci est donc bien fixé bien que de réalisation lointaine, on pourra certes réaliser de suite les PI nécessaires ou tout au moins les moins chers et réaliser tout ce qui «touche» la première voie, en se limitant au minimum techniquement indispensable (par exemple les attaches).

Cependant si cette voie est fort lointaine et encore peu fixée, il se peut qu'il vaille alors mieux «faire l'impasse» : la réalisation de PI sous autoroute existante est possible et moins difficile qu'on ne le croit, en particulier par l'emploi de platelages métalliques reposant la chaussée existante de l'autoroute de part et d'autre de la brèche à creuser.

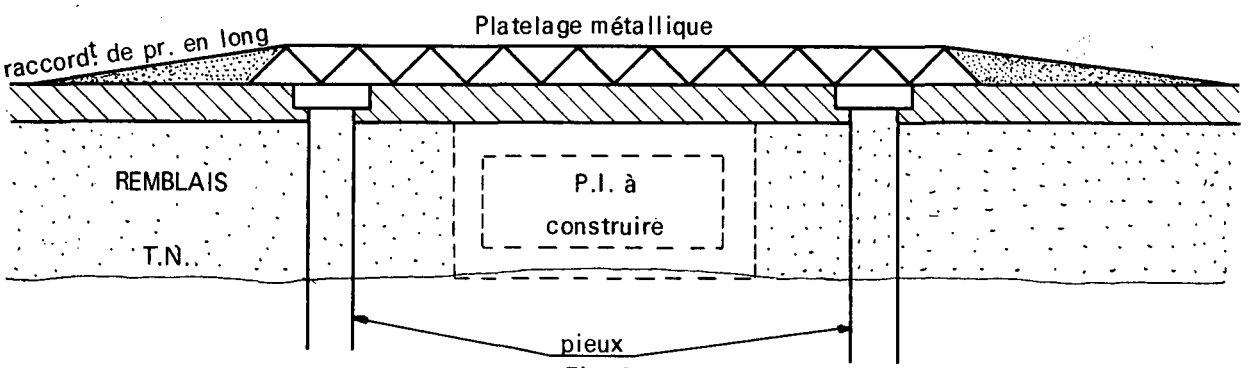


Fig. 3

Le coût peut ainsi être augmenté de 10 à 20 %. Le mieux sera de calculer cette augmentation dans chaque cas. On pourra alors calculer l'intérêt qu'il y a de différer la réalisation du dit PI en fonction de son coût et de l'époque (souvent fort approximative) pour laquelle il serait exécuté.

Une conclusion en tous cas assez nette en ce qui concerne ces **nœuds futurs,** c'est qu'il apparaît le très grand intérêt de concevoir ces futurs échangeurs - donc aussi la voie que l'on projette, de façon **à s'engager le moins possible sur leur emplacement et leur forme,** donc de s'efforcer à ce que ces nœuds futurs soient constitués d'un empilement systématique des phases ultérieures au-dessus des phases proches.

A.3 Troisième question.

Comment tenir compte dans chaque échangeur de la réalisation progressive de l'ensemble du réseau maillé de voies rapides ?

La réalisation progressive du réseau pourra amener à prévoir la réalisation en première phase de certaines liaisons, utiles alors mais périmées ensuite, par exemple liaisons entre les voies AB et CD suivant BD et DB, qui sera périmée par la réalisation ultérieure d'une voie BD.

Il y aura lieu dans ce cas d'essayer toujours de réaliser des liaisons modestes et peu coûteuses, puisque, ou bien elles seront maintenues mais recevront un faible trafic ou bien elles seront supprimées.

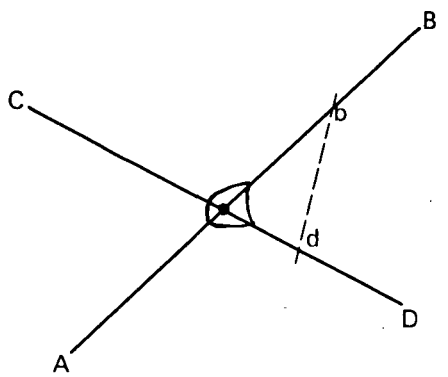


Fig. 4

Souvent dans ce cas, on recherchera l'utilisation provisoire d'une liaisons locale bd si on a prévu des diffuseurs en b et d.

B SECTION COURANTE

«**Une voie rapide future 2 fois 3 voies**» peut **dans les sections en terrassements** être par exemple dimensionnée de la façon suivante :

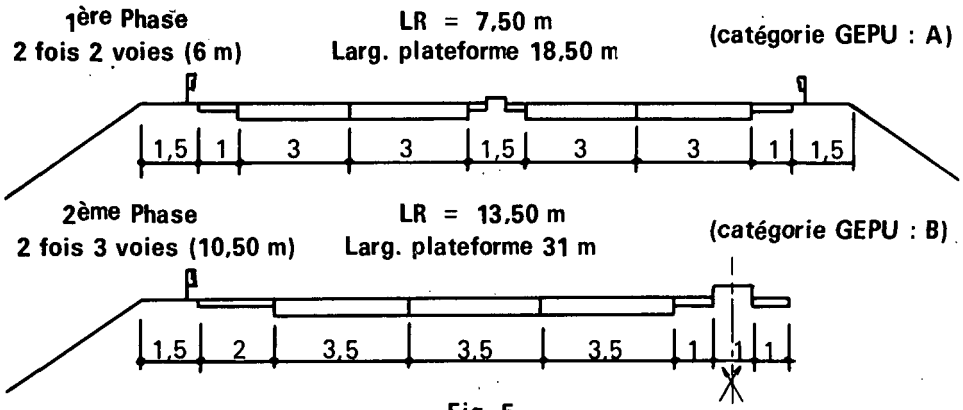


Fig. 5

On voit que pour avoir 2 chaussées séparées en catégorie A en première phase, il faut une plateforme de 18,50 m de largeur sur les 31 m futurs de la plateforme 2 fois 3 voies (en catégorie définitive B). On réalisera les 2 chaussées première phase et le T.P.C de 1,50 m en structure de chaussée soit 15,5 m de largeur; sur ces 15,5 m de largeur de chaussée on aura 13,50 utilisés par une des 2 chaussées de la voie future, soit une perte assez minime.

Dans les sections en viaduc, ce cas est plus difficilement traitable.

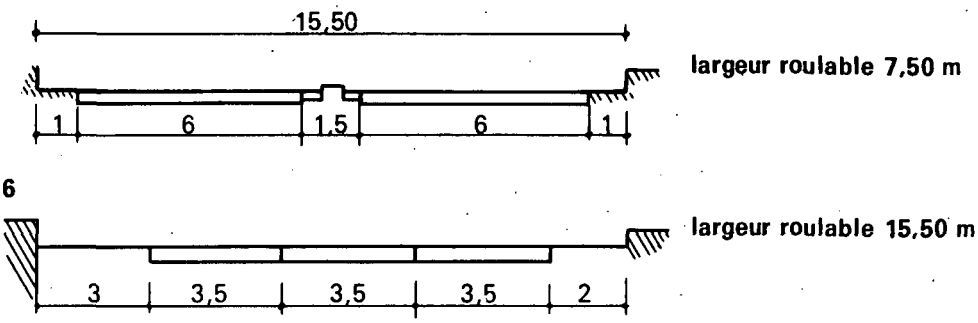


Fig. 6

On est amené pour le premier viaduc construit à le surdimensionner en largeur par rapport à son usage en phase finale.

L'exemple ci-dessus montre un demi-viaduc utilisé en première phase avec 2 chaussées séparées de 6 m chacune (LR = 7,5) (donc catégorie A), ce qui semble approcher du minimum acceptable, et aboutissent en phase définitive à un profil supérieur à celui de la meilleure catégorie D.

Il faudrait donc adopter plutôt les profils suivants :

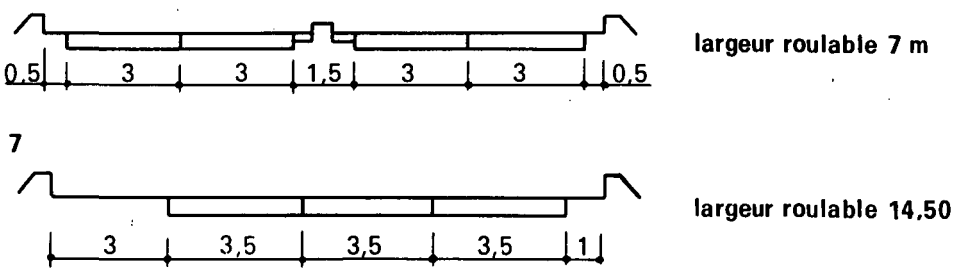


Fig. 7

La première phase est un viaduc d'autoroute urbaine «japonaise». De toute façon on devra **surdimensionner** une des 2 moitiés du viaduc futur. Dans la mesure du possible on choisira, pour cette moitié le sens qu'éventuellement on aurait le plus d'intérêt à favoriser dans l'avenir.

Le cas relativement fréquent d'une **future autoroute à 2 fois 4 files** est plus facile à traiter. En remblai il n'y a pas de difficultés. En viaduc, la première phase pourra par exemple être :

2 chaussées	2 × 3,50	= 14,00 m	2 LR de 8,75 catégorie B
2 BDD	1,25	= 2,50 m	
2 BDG	0,50	= 1,00 m	
Séparateur provisoire		= 0,50 m	
		18,00 m	

Le viaduc à 4 voies en sens unique pourrait en fait n'avoir que 17 m :

2 fois	2 × 3,50	= 14 m
BDG		= 1 m
BDD		= 2 m
		17 m

On aura donc, malgré des caractéristiques bien modestes en première phase une moitié du viaduc trop large de 1 m en seconde phase. En fait on «perd» 1 à 1,5 M de F/km. Cela peut cependant être souvent négligé par rapport au coût total (17 + 18) × 1500 × 1000 = $52{,}5.10^6$, soit 2 à 3 % seulement du coût du viaduc en section courante.

La solution est donc tout à fait valable (il y a lieu de remarquer cependant que cette conclusion ne tient que si les échangeurs ne sont pas trop fréquents puisque dans ceux-ci il n'existe guère d'autre solution que de réaliser de suite les 2 moitiés de viaduc et les «attaches» qui y sont soudées).

II - CONSIDERATIONS SUR L'USAGE D'OUVRAGES METALLIQUES DEMONTABLES PROVISOIRES DITS TOBOGGANS, DANS LE DOMAINE DES AMENAGEMENTS PROGRESSIFS

A GENERALITES

On ne peut parler d'aménagements progressifs routiers en zone urbaine sans rappeler l'usage de ces ouvrages, en principe provisoire ou mieux, **temporaires**, qui ont été appelés «toboggans», c'est-à-dire de **viaducs métalliques démontables** permettant de réaliser rapidement des passages à niveaux séparés.

L'usage n'en est pas forcément réservé à la résolution de problèmes de circulation urbaine mais **c'est cependant en zone urbaine, pour les carrefours, que l'on est le plus fréquemment conduit à utiliser cette méthode** qui se développe rapidement à l'heure actuelle.

Bien entendu l'usage de tels ouvrages d'art temporaires s'applique aussi **au maintien de la circulation pendant des travaux.** C'est là un usage fréquent mais qui ne touche pas directement aux aménagements progressifs. Mais cet usage qui a été le premier appliqué a permis d'entrevoir la possibilité d'employer de tels ouvrages d'art à la résolution de problèmes de circulation, en particulier en permettant dans un carrefour à niveau particulièrement chargé, de supprimer un ou deux cisaillements les plus importants sans être obligé de réaliser de suite un aménagement définitif, en dur, plus complet mais plus onéreux, et en permettant de tirer le meilleur parti dans l'immédiat, du réseau existant.

En permettant d'attendre donc un tel aménagement définitif et donc d'en différer une grande partie de la dépense, la mise en place d'un toboggan est bien un acte d'**aménagement progressif routier**, ponctuel.

Certes il est nécessaire de bien affirmer **le caractère temporaire**, donc le caractère d'aménagement progressif, de ce genre d'aménagement : la tentation - en période de restriction budgétaire - peut être en effet, de différer pratiquement «sine dié» l'aménagement définitif, d'où deux conséquences :

- l'aménagement par toboggan a été conçu le plus souvent pour une période limitée et ne répond plus aux besoins du trafic au-delà d'une certaine époque.
- l'impact visuel de tels ouvrages d'art dans un site urbain et aussi les nuisances qu'ils peuvent apporter, ne peuvent être acceptés que dans la mesure où un tel aménagement est réellement provisoire.

On doit donc se limiter en principe, à priori, aux carrefours pour lequel on prévoit de réaliser dans un délai pas trop éloigné, de l'ordre d'une dizaine d'années, un aménagement définitif permettant la suppression du toboggan provisoire.

Enfin, nous citerons, pour être complets, un autre usage de toboggans qui se rattache certes indirectement à un aménagement progressif, en l'occurence à un **aménagement progressif de réseau -**, mais qui ne constitue pas un aménagement progressif en lui-même. C'est le cas d'ouvrages provisoires permettant de supprimer **temporairement un cisaillement important lui même temporaire**, par exemple un de ces cisaillement que peut occasionner le débouché d'un tronçon d'autoroute sur une route nationale proche, en attendant que ce tronçon soit prolongé. Cet exemple n'est d'ailleurs pas spécifiquement urbain. Un autre exemple est celui d'une liaison directionnelle à établir dans un nœud autoroutier alors que l'extension du réseau diminuera l'importance de cette liaison ou même la supprimera.

Ces aménagements ne sont pas à notre avis des aménagements progressifs proprement dits bien qu'ils soient d'un grand intérêt, d'ailleurs presque toujours évident dans chaque cas particulier.

Nous nous bornerons donc ici à des considérations sur l'usage des toboggans dans des séquences d'aménagement progressif de carrefours urbains.

B COUT DES TOBOGGANS

Un élément important de l'étude préalable à l'établissement d'un tel aménagement est bien entendu son coût.

- Coût de premier établissement

L'expérience de réutilisation manquant jusqu'à maintenant, nous nous bornerons surtout au coût de première installation.

Il y a lieu de souligner d'abord l'importance de **travaux préliminaires** quelquefois fort longs, et coûteux en zone urbaine, qui constituent à dévier des canalisations de concessionnaires et à rescinder les trottoirs environnants, ainsi que les travaux confortatifs éventuels d'autres ouvrages se trouvant à proximité.

C'est ainsi que si Co est le coût d'achat des pièces métalliques à assembler, il faut compter en plus 10 % de frais de transports et montage et le coût du tablier monté est donc 1,1 Co.

Par ailleurs les fondations et les culées ainsi que les travaux préparatoires liés au montage du tablier représentent 25 % du coût du tablier monté.

Le coût total de l'ouvrage monté et installé est donc $1{,}25 \times 1{,}1$ Co $\neq$ 1,38 Co.

Le coût de l'opération ainsi définie, ramenée au m^2 utile de tablier, est de l'ordre de 1400 F à 1700 F suivant le système proposé et la rapidité exigée. C'est ainsi qu'un délai réduit peut augmenter considérablement les coûts des opérations de transports et de montage jusqu'à les doubler.

On remarque donc que **le coût ramené au mètre carré est du même ordre de grandeur, sinon même un peu plus grand, que celui d'un viaduc définitif en zone urbaine.** Mais en fait les économies proviennent d'autres postes car un aménagement définitif coûtera plus cher, car on ne peut le faire que complet et avec des caractéristiques plus larges que celles d'un ouvrage temporaire.

Il faut enfin souligner que **le coût des travaux préliminaires et annexes,** autres que ceux du chantier de construction de l'ouvrage proprement dit déjà comptés ci-dessus, (mesures de déviation de circulation - dégagement des emprises, etc ...), peut facilement atteindre en site urbain 50 % du coût de l'ouvrage. Aussi est-il prudent, pour l'évaluation préalable sommaire d'une telle opération, de tenir compte d'une majoration de cet ordre pour obtenir **une prévision** réaliste.

Le coût total de l'opération est alors :

$$P = 1{,}50 \times 1{,}38 \text{ Co} = \mathbf{2{,}07 \text{ Co}}$$

Il résulte de cette analyse qu'au total le coût d'un toboggan en lui-même est assez élevé, d'autant plus que la plupart du temps, on sera amené à exiger des délais fort courts pour diminuer la gêne du trafic existant; on est en effet en général dans le cas de carrefours déjà saturés - et nécessitant

donc un stade d'aménagement immédiat d'où emploi de la solution toboggan - et la gêne apportée par les travaux d'installation de l'ouvrage est telle que des mesures spéciales et onéreuses doivent être prises pour la diminuer, y compris le travail de nuit seulement.

- Récupération du toboggan

On peut considérer que l'on affectera les dépenses de démontage et de transport à un lieu de dépôt, à l'étape suivante de la séquence de l'aménagement (puisque d'ailleurs c'est à ce moment là que se font ces opérations).

Néanmoins on pourra considérer que sera nécessaire une dépense de remise à neuf de 5 à 10 % du toboggan, et sur le coût P = 2,07 Co de l'opération, on ne récupère donc pour une autre opération toboggan que 0,90 Co ou 0,95 Co, soit en moyenne 45 % du coût total de l'opération P.

C ETUDES ECONOMIQUES PREALABLES A L'INSTALLATION D'UN TOBOGGAN :

C.1 Nécessité de projets préalables

- La considération de ces coûts indicatifs au m^2 peut servir à connaître à priori le coût de l'aménagement provisoire. Mais celui-ci devra cependant d'abord faire l'objet d'un avant-projet suffisant pour connaître approximativement la surface à réaliser, aucune règle générale ne pouvant pour cela s'appliquer.

  On ne peut donc rechercher l'intérêt d'un toboggan sans **en faire d'abord un avant-projet.** Pour cela, on pourra utiliser les **«normes» suivantes :**

  - pour un viaduc provisoire à 1 seul sens, la largeur de l'ouvrage pourra être prise égale à 3,50 m et pour deux sens : 6,50 m. En profil en long les pentes admissibles seront 6 % en rampes et 7 % en descente, avec des écarts de pente de 3 % entre tronçons.

  Enfin en plan, des travées courbes standards ou des platelages trapézoïdaux peuvent être utilisés et on pourra ainsi réaliser par exemple, soit des courbes de 50 à 60 m de rayon, soit des courbes de 100 m de rayon.

  NOTA : Pour l'établissement d'un tel avant-projet une précaution importante - qui peut influer de façon sensible sur le coût du premier établissement - consiste à installer le toboggan, de façon telle que le moment venu, les travaux de réalisation de l'aménagement définitif ne soient pas gênés par la présence du dit toboggan. Pour cela, il faut donc bien étudier l'aménagement définitif en même temps que l'aménagement provisoire. Il est souhaitable de se limiter aux carrefours pour lesquels on peut trouver une disposition évitant (ou limitant) l'interférence des ouvrages provisoires et définitifs.

  Par ailleurs, est-il nécessaire de souligner que de tels aménagements de carrefours ne peuvent atteindre leur pleine efficacité que si la capacité de tout l'itinéraire est traitée de façon homogène ?

C.2 Démarche de l'étude économique

Il faudra ensuite, si on veut se placer dans un cas tout à fait général, effectuer des calculs

économiques en ce qui concerne les dates optimales et les bénéfices et avantages, le but étant de définir une séquence d'aménagement, en particulier pour voir si l'«**étape toboggan**» y aura sa place, quand et pendant combien de temps.

Les phases de cette séquence seront en général les 3 phases suivantes :

- phase 1 : carrefour actuel, généralement à feux
- phase 2 : **l'étape toboggan,** c'est-à-dire plus exactement la réalisation d'un viaduc (ou exceptionnelement de plusieurs viaducs), métalliques et démontables, permettant de supprimer un ou plusieurs cisaillements importants, avec recours à des caractéristiques techniques assez sommaires et en limitant l'aménagement du carrefour à cette seule intervention.
- phase 3 : **Une étape définitive** constituée par un aménagement plus complet, (c'est-à-dire par exemple supprimant d'autres cisaillements), avec des caractéristiques techniques plus larges (en fait «normales») et en dur, bien entendu.

Un calcul de rentabilité devra être effectué, d'abord pour calculer la rentabilité de la mise en place de l'ouvrage temporaire à la place du carrefour à feux et sa date optimale de réalisation, ce calcul faisant intervenir surtout des avantages dus aux réductions de temps de parcours. Une étude de circulation sera donc toujours nécessaire, pour obtenir les trafics en heure de pointe. Nous renvoyons à ce sujet à l'annexe à la Circulaire Ministérielle du 8/8/69 qui donne à ce propos toutes les indications nécessaires.

C.3 Coût à prendre en compte pour la fourniture du toboggan

Pour ce calcul se pose le problème de savoir quel est la part du coût d'achat du toboggan qui doit être retenue dans le coût de l'opération : «mise en place du toboggan». Comment évaluer le **coût économique** de l'achat du toboggan dans le cadre de cette seule opération puisque ce matériel devrait normalement pouvoir être remployé dans d'autres opérations ultérieures (inconnues d'ailleurs) ? On prendrait en compte alors pour coût de l'opération, les coûts de transports, montage, fondations, culées, opérations préparatoires mais seulement une partie du coût d'achat correspondant à l'«amortissement» de l'ouvrage pendant ses années de service au lieu considéré. Plus exactement si Co est le prix des pièces métalliques neuves et C1 le prix des pièces métalliques récupérables, si n est, en ans, la durée de vie de l'installation envisagée et si les pièces récupérables restent en moyenne 1 an inactives, le coût à prendre en compte sera : $Co - \frac{C1}{(1+i)^{n+1}}$ plus comme on l'a vu, les autres postes : transport, montage, travaux préparatoires, fondations, culées et travaux annexes divers.

C.4 Aménagement définitif

Enfin pour définir la date optimale de remplacement du toboggan par l'aménagement définitif correspondant, on calcule les avantages propres à cet aménagement définitif dont il faut par ailleurs connaître bien le coût; donc il faut en faire aussi un projet suffisant (à noter que l'on pourra affecter à ce coût d'aménagement définitif le coût de démontage et de remise en stock du toboggan de l'étape précédente).

Notons que ce calcul de rentabilité de l'ouvrage définitif pénalise celui-ci à priori du fait de son coût supérieur pour des avantages souvent assez faibles par rapport à ceux de l'étape toboggan précédente, car on ne peut adopter des caractéristiques géométriques aussi sommaires pour un ouvrage définitif : il faut pour le rendre rentable que le trafic évolue sensiblement, rendant nettement insuffisant l'aménagement provisoire, et aussi que les budgets futurs soient plus larges par rapport aux besoins généraux (diminution du coefficient K).

C.5 **On voit ainsi qu'il ne sera pas facile de concevoir une séquence d'aménagements progressifs avec toboggan, sur des calculs économiques complets,** mais cela ne diminue cependant pas le grand intérêt des toboggans. Le plus souvent de simples considérations budgétaires, alliées à la grande urgence qu'il y a de «faire quelque chose» à un carrefour (par exemple pour éliminer un cisaillement devenant paralysant), et à l'espoir que dans le futur des budgets plus favorables permettront de réaliser un ouvrage définitif de plus larges caractéristiques, conduiront à la décision d'installer un tel toboggan, cette décision étant d'ailleurs conditionnée dans un sens ou dans l'autre par des considérations d'ordre esthétique, des considérations de convenances en ce qui concerne les nuisances occasionnées aux immeubles et de convenances en regard des tendances de l'aménagement urbain en cours dans le secteur considéré.

D CONCLUSION

L'avantage principal des toboggans en zone urbaine est leur mise **en place rapide,** ce qui diminue considérablement les problèmes souvent très difficiles à résoudre occasionnés par la gêne à la circulation pendant les travaux.

Il faut cependant bien observer que les délais d'études sont assez longs et que dans l'étude d'une séquence d'aménagement conçue de façon approfondie, il faut aussi faire l'étude du projet d'aménagement définitif correspondant.

Il faut aussi ne pas se cacher le risque de prolifération de tels équipements temporaires en raison des facilités, en partie apparentes tant au point de vue des délais que des coûts.

En fait leur principal avantage en zone urbaine est un raccourcissement des délais entre la décision et la mise en service - (souvent utile lorsqu'il s'agit d'une opération de rattrapage devenue de plus en plus urgente) -, la sensible diminution de la gêne due au chantier comme on l'a vu plus haut, la possibilité d'adopter des caractéristiques fort réduites, possibles pour un ouvrage temporaire (mais encore faut-il qu'il soit réellement temporaire) et que l'on admettrait pas un ouvrage définitif, la réduction des coûts d'aménagement en donnant la possibilité, dans une étape intermédiaire, de ne traiter qu'un ou plusieurs courants d'un carrefour (les plus chargés), et enfin la possibilité d'économies par la récupération partielle des frais engagés, dans le cas d'utilisations ultérieures du matériel pour d'autres opérations.