



THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES ÉCONOMIQUES ORIENTATION GÉNÉRALE À FINALITÉ SPÉCIALISÉE

Transports publics et décongestion des villes : la politique tarifaire est-elle efficace ?

Debois, Marc

Award date:
1974

Awarding institution:
Universite de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX – NAMUR

Faculté des Sciences Economiques et Sociales

ANNÉE ACADÉMIQUE 1973 - 1974



TRANSPORTS PUBLICS ET DECONGESTION DES VILLES

La Politique tarifaire est-elle efficace ?

DEBOIS Marc

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade
de Licencié et Maître en Sciences Economiques et Sociales

A Thérèse.

Que Monsieur Jean-Claude de MEESTER de RAVENSTEIN
trouve ici l'expression de nos sincères remerciements pour
avoir accepté de diriger ce mémoire et pour nous avoir accordé
une aide attentive tout au long de son élaboration.

Notre gratitude est aussi acquise à Monsieur Louis
GERARD-VARET qui proposa le sujet de ce travail et nous aida
de ses précieux conseils.

Nous tenons également à remercier le Professeur Steve
LITTLECHILD pour l'accueil qu'il nous réserva à l'Université
d'Aston à Birmingham.

La dernière partie de ce mémoire n'aurait jamais pu
être réalisée sans le concours de plusieurs personnes appar-
tenant à la Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles.
Qu'elles en soient ici remerciées.

Qu'il nous soit permis enfin de témoigner notre reconnais-
sance aux Professeurs, aux Assistants, aux Etudiants, et à tous
ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à notre formation
sur le plan économique et humain.

INTRODUCTION

Les effets néfastes des encombrements de la circulation dans les villes sont multiples et variés.

Les principaux sont, sans doute, l'accroissement du temps passé dans les transports, le bruit et la pollution atmosphérique.

Comme de plus en plus à l'heure actuelle, l'accent est mis sur la qualité de la vie, l'amélioration de la situation dans les transports, au moyen d'une politique appropriée, contribuerait assurément à la réalisation d'un tel désir.

Il existe cependant plusieurs politiques possibles en matière de transport urbain, et nous avons décidé de consacrer ce mémoire à l'étude de l'une d'entre elles, à savoir la politique tarifaire dans les transports publics urbains (T.P.U.).

Dans la première partie, nous tâcherons de situer cette politique parmi les autres mesures généralement proposées.

Nous analyserons ensuite, dans la seconde partie, une mesure extrême défendue par certains dans le cadre de la politique tarifaire des TPU et qui consiste en la suppression pure et simple de toute tarification des services de TPU.

Mais, comme la politique de gratuité n'est, en fait, qu'un cas particulier, nous verrons à l'aide d'un modèle théorique, dans la troisième partie, sur quelles bases repose la politique tarifaire elle-même.

L'analyse théorique nous permettra de décomposer les mécanismes de la politique tarifaire et nous essayerons alors, dans la quatrième partie, de faire une comparaison entre la théorie et la situation concrète des TPU à Bruxelles.

.../...

.../...

Cette recherche est loin d'être exhaustive, mais notre but est de réunir suffisamment d'éléments pour nous faire une opinion sur la validité de la politique tarifaire des TPU, et proposer la solution qui, à notre avis, est la plus justifiée.

+++++

REMARQUE LIMINAIRE

Au seuil de ce travail, nous tenons à préciser l'optique que nous avons choisie pour analyser la validité de la mise en place d'une politique tarifaire dans les transports publics urbains (T.P.U.)

Pour ce faire, qu'il nous soit permis de citer trois extraits, tirés des rapports de Congrès de l'Union Internationale des Transports Publics (U.I.T.P.) :

- 1) " Le tarif doit être établi (dans les T.P.U.) de façon à donner le maximum de recettes." (1)
(A. LAPARKE /5/p.5)
- 2) " ... le tarif optimal ou, en d'autres termes, celui qui permet d'escompter les recettes (1) les plus élevées."
(B.B.C.FELIX /3/p.5)
- 3) " ... il s'agit de la question de savoir si des intérêts collectifs s'opposent, à la rigueur, au choix d'un régime tarifaire auquel il y aurait lieu, du point de vue de l'économie de l'entreprise, de donner la préférence."
(W. LATSCHA /6/ p.15)

Il apparaît à la lecture de ces textes que les opinions peuvent être différentes concernant l'objectif à atteindre par une entreprise de TPU.

Il est indispensable de préciser, dès à présent, que la recherche du profit ou de la rentabilité ne peut nullement, à nos yeux, constituer le principe de base de la fixation des prix d'un service public tel que le service de transport.

Les entreprises fournissant ce type de service sont, quant aux buts à atteindre, fort différentes des entreprises privées au sens strict.

.../..

(1) : Le terme "recettes" est, à notre avis, fort mal choisi.
La maximisation des recettes ne peut, en effet, être un objectif en soi.
Il serait plus exact de parler de profit ou de bénéfice maximum.

.../...

En raison du rôle "public" qu'elles ont à jouer, elles se doivent non de maximiser leurs profits, en cherchant un tarif optimal à ce point de vue, mais bien de décider de leur politique commerciale; - et donc des tarifs des services fournis - en tenant compte de l'impact de leurs décisions sur la collectivité dans son ensemble.

+++++

PREMIERE PARTIE

LES POLITIQUES POSSIBLES EN MATIERE DE TRANSPORT URBAIN

Trois points seront abordés dans cette première partie. Avant d'explicitier les différentes politiques possibles en matière de transport urbain, il nous faut déterminer les raisons pour lesquelles les responsables du transport désirent mettre des moyens en oeuvre.

En d'autres termes, il s'agit de connaître le ou les objectifs que ces responsables poursuivent.

Une fois le ou les objectifs déterminés, (chapitre 1) et les politiques précisées (chapitre 2.), nous tâcherons de mettre en avant les premiers critères de choix entre les différentes politiques (chapitre 3.).

CHAPITRE 1.

OBJECTIFS DES POLITIQUES

A. LA DECONGESTION

L'espace consacré à la circulation est un bien rare et les demandeurs de transport en font un usage d'intensité différente suivant le mode de transport choisi.

Les utilisateurs de moyens de transports privés - tout comme les usagers des TPU - sont des demandeurs d'espace pour se mouvoir, mais les premiers utilisent cet espace en plus grande quantité que les seconds pour leurs déplacements.

- " Une ligne de tram qui transporte à l'heure de pointe
- " 12.000 voyageurs ou plus dans une seule direction,
- " occupe une seule voie sur la route.
- " Sur cette même surface pourraient se déplacer en
- " moyenne 700 à 800 autos privées par heure, transpor-
- " tant chacune deux personnes en moyenne, ce qui donne
- " un total d'environ 1.500 personnes.
- " Ainsi une ligne de tram déplace le même nombre de
- " personnes qu'exigerait une route à huit bandes de
- " 28 mètres de large destinée aux automobiles privées.
- " (/10/ p.169)."

Cette simple constatation nous amène à envisager les problèmes posés par la congestion, non pas comme une demande d'espace trop importante par rapport à l'offre - la demande n'étant que rarement supérieure à l'offre car dans ce cas on assiste à une paralysie complète du trafic - mais comme une demande de transport mal ventilée entre les modes disponibles.

L'offre d'espace est, en effet, et ce dans la plupart des villes, suffisante pour permettre aux habitants de se mouvoir rapidement, mais les demandeurs de transport portent de plus en plus leur choix quant au mode de transport, sur un mode coûteux en termes d'espace nécessaire à son fonctionnement normal.

L'encombrement du trafic semble donc pouvoir s'expliquer par le simple fait que les valeurs des déterminants de la demande de transport et surtout du choix du mode, jouent en faveur des transports privés.

Les diverses politiques que nous envisagerons en matière de transport auront donc comme objectif la décongestion, c'est à-dire la modification de la répartition de la demande de transport entre les modes privé et public .

Modifier cette répartition ne se justifierait cependant pas sur le plan économique si le marché des transports était parfait. Dans un tel cas, en effet, la demande se répartirait d'elle-même de manière optimale du point de vue du welfare.

En réalité, l'information émanant du marché n'est qu'imparfaite. Autrement dit, une tarification optimale n'est pas réalisée car les demandeurs de transport sont confrontés à des coûts généralisés (1) imparfaits parce que imparfaitement connus en termes absolus ou relatifs.

Ces coûts généralisés ne reprennent, en effet pas les coûts engendrés par un utilisateur et subis par d'autres.

L'existence d'un ou de plusieurs biais sur le marché des transports nous semble indiscutable et la suppression de ces biais - c'est-à-dire l'amélioration de l'information du marché - aura comme conséquence une modification de la répartition de la demande de transport entre les modes et de là une variation du degré de congestion.

 (1) Coût généralisé = coût monétaire + temps (attente, transport transfert, ...)

B. LES OBJECTIFS SOCIAUX

Certains auteurs défendent telle ou telle politique en matière de transport car son impact est bénéfique pour certaines catégories sociales.

L'on vise donc avant tout l'amélioration des conditions de certaines parties de la population. (abonnements scolaires, baisse de tarif pour personnes âgées...)

La poursuite d'objectifs de ce genre, quoiqu'elle puisse parfois se justifier (2) ne peut ici avoir droit de cité. La politique en matière de transport doit prendre en considération la collectivité dans son ensemble.

 (2) Ces objectifs peuvent se justifier par exemple si leur réalisation permet d'améliorer la distribution du revenu au profit de certaines catégories sociales particulièrement défavorisées.

CHAPITRE 2.

LES POLITIQUES POSSIBLES EN MATIERE DE TRANSPORT URBAIN.

A. LA POLITIQUE A LONG TERME

Si l'on en croit M. MICHELET (/7/ p.458 à 460), les responsables de la congestion sont les autorités du planning urbain et nullement les automobilistes.

Ces derniers étant les victimes, payent suffisamment en subissant les ennuis des encombrements (pertes de temps, pollution,...)

M. MICHELET rejette donc la politique de "road pricing" (cfr infra) et prône la planification de l'espace routier urbain.

Toutefois l'importance du nombre de véhicules privés entraîne des coûts considérables pour l'économie et, quelle que soit la répartition des responsabilités entre les autorités urbaines et les automobilistes, l'instrument que constitue une planification mieux adaptée aux besoins de transport ne donnera ses effets qu'à long terme.

Nous admettons volontiers la nécessité d'une planification efficace, mais la découverte d'un remède à moins long terme nous semble indispensable.

B. LES POLITIQUES COERCITIVES

L'octroi de permis ou licences délivrés aux automobilistes sur une base arbitraire (octroi aux propriétaires de véhicules dont le numéro de plaque minéralogique est pair par exemple) pour contrôler d'entrée des véhicules privés dans les villes est une des quatre solutions proposées par le "rapport BUCHANAN" et reprises par D.A.QUARMBY dans un de ses articles /8/.

Il est bien entendu que si ces permis sont délivrés en contrepartie d'une taxe payée à l'Etat comme seule condition (c'est le cas des permis de pêche...) cette politique est alors similaire à la politique de Road Pricing ou celle de parking (cfr infra).

Une autre méthode plus radicale consisterait en la suppression pure et simple de la circulation par des moyens de transport privés dans les zones urbaines.

Ces procédés constituent des contraintes pour l'automobiliste et les réactions de celui-ci n'ont plus rien à voir avec un choix.

Toute politique agissant, non sur les déterminants de la demande de transport mais bien sur le droit de choisir parmi les modes existants, représente une forme particulière de l'action des pouvoirs publics que nous ne traiterons pas dans cette étude.

C. LES POLITIQUES A COURT, MOYEN TERME

Nombreux sont les auteurs insistant sur la nécessité d'"entrer en compétition" avec les transports privés.

D.A.QUARMBY notamment écrit ceci :

" Given continuing conoestion, some reduction would come
 " about by "natural processes" i.e. by the sort of "feedback"
 " process which somehow ensures that the total breakdown of
 " traffic is a rare occurence.
 " But the conditions under which these natural processes ope-
 " rate are very costly, particularly in time lost by congestion
 " and it may well be that specific policy action - increasing
 " either the disincentives of car usage or the attractiveness
 " of public transport - could achieve the same result at less
 " cost". (/8/ p.273.)

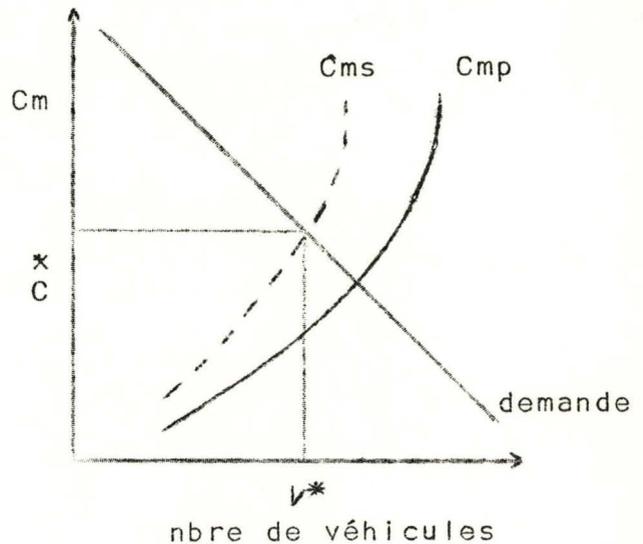
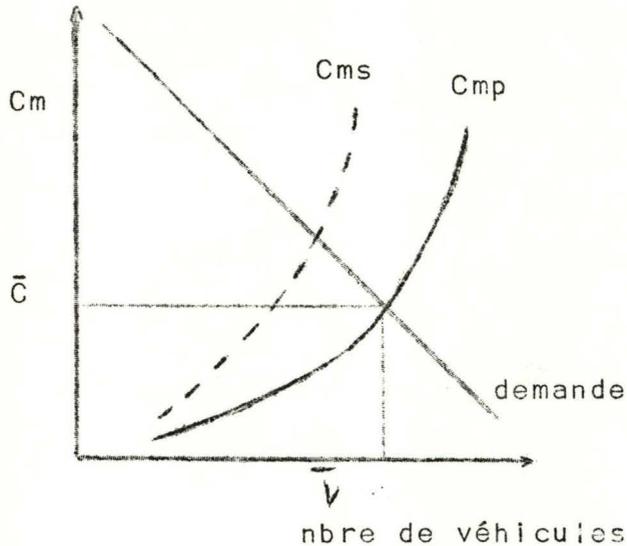
Les coûts entraînés par les phénomènes de congestion sont donc de plus en plus élevés et la recherche d'une solution s'impose.

Dans son article, D.A.QUARMBY /8/ cite les solutions proposées par BUCHANAN.

Outre l'octroi de permis et de licences (cfr supra), ce dernier mentionne la tarification de l'espace routier, la politique de parking et les politiques tarifaires dans les TPU(moyennant l'octroi de subsides aux TPU.)

I.- La tarification de l'espace routier (Road Pricing)

Cette politique a pour base le principe suivant :
 Partant de l'idée qu'un automobiliste supplémentaire qui vient s'ajouter au trafic existant, entraîne, par sa présence, des coûts pour les autres automobilistes (pollution, perte de temps, etc...), on établit qu'il y a une différence, notable aux heures de pointe, entre le Coût marginal privé (Cmp) - c'est-à-dire le Cm ressenti par l'automobiliste supplémentaire lui-même - et le coût marginal social (Cms) - comprenant, lui, outre le Cmp, l'ensemble des coûts engendrés par l'automobiliste supplémentaire mais subis par les autres.



Plusieurs modèles déterminent, dans les limites de leurs hypothèses, l'optimalité d'une tarification au C_{ms} ($C^* \rightarrow V^*$).

2.- La politique de parking

Il existe, à notre avis, une nuance importante à souligner entre la première méthode exposée (R.P.) et la politique de parking.

Ces deux techniques visent la **résorption** des encombrements de la circulation.

Le point de départ est, dans les deux cas, l'existence d'un biais sur le marché des transports.

En effet, dans le premier cas, l'on tâche d'égaliser le C_{mp} au C_{ms} pour les transports privés.

Sans cela, il y a un biais en défaveur des TPU, ceux-ci étant, par hypothèse, tarifés à leur C_{ms} .

Le demandeur de transport fait donc face à deux modes dont l'un est tarifé en dessous de son C_{ms} .

L'argument sous jacent à la défense de la seconde méthode est également la constatation d'un biais en faveur des transports privés mais ce biais est de nature différente.

E.W.SEGELHORST & L.D.KIRKUS /9/ expliquent en effet que, d'une part, l'automobiliste ne paye qu'une partie du Cm qu'il entraîne - un subside est donc payé par la communauté via l'absence de charge "rentale" (intérêt et dépréciation) - et que, d'autre part, les employeurs qui fournissent à leurs employés (1) des facilités de parking gratuites, accordent en fait un subside aux usagers des transports privés et, encore une fois, c'est en défaveur des modes de TPU.

Deux voies sont alors possibles.

Soit tarifier l'usage des parkings, soit accorder un subside similaire aux utilisateurs des TPU qui, dès lors, profiteraient d'une baisse de prix ou d'une amélioration du service.

La raréfaction du nombre de places de parking disponibles ou la hausse du prix de ces places constituent deux incitants négatifs à l'usage des modes de transport privés et permettent, dès lors, d'espérer un mouvement vers les TPU.

--- ---

(1) idem pour les parkings fournis par les commerçants aux clients.

--- ---

3.- La politique tarifaire dans les TPU.

Le facteur "prix" se doit ici - tout comme dans les cas I.- & 2.- d'être déterminant de la demande de transport ou du choix entre modes.

En d'autres termes, il faut que la décision de voyager et celle relative au choix du mode soient sensibles au prix - absolu ou relatif - pour que la décongestion ait une chance de se produire.

Dans les points I.- et 2.-, nous citons des méthodes visant à pénaliser un mode (taxe à l'usage de la voiture ou hausse du prix des parkings) mais, dans ce contexte-ci, le principe est inverse quoique poursuivant le même but.

Le rétablissement du biais se fait en tarifant le mode relativement défavorisé en dessous de son Cms.

Le Cms de l'usage des TPU peut être aisément considéré comme inférieur au Cms des transports privés.

Tant aux heures de pointe qu'aux heures creuses, le signe d'inégalité reliant ces deux Cm reste inchangé, les désutilités externes étant plus prononcées dans le cas des transports privés que dans celui des TPU.

Pourquoi alors prôner une politique de tarifs inférieurs au Cms dans les TPU ?

On peut vouloir ainsi rétablir le biais de la tarification des transports privés en dessous de leur Cms (1).

Ceci aura pour effet de déplacer certains automobilistes vers les TPU.

La baisse de congestion et du coût privé par transport privé, engendrée par ce mouvement étant supposée supérieure - en termes absolus - au coût marginal provoqué par lui au sein des TPU, les coûts pour la collectivité peuvent ainsi se retrouver à un niveau inférieur à leur niveau initial.

(Pour une explication graphique et mathématique des Points 1.- et 3.- : voir 3ième partie).

Dans le chapitre 3.-, nous analyserons les trois politiques expliquées ci-dessus pour en dégager les effets directs et indirects principaux.

De cette manière, nous pourrions définir les premiers critères de choix entre ces différentes politiques.

- (1) " Nevertheless, it seems more appropriate to increase
" highway user charges, than to argue for a similar
" subsidy for transit.
" Subsidizing both types of services may well lead
" to a proper allocation of resources between highway
" and transit, but would result in an improper allocation
" between transportation facilities and all other goods
" and services.
" That is, pricing both highway and transit at less than
" their full social cost could cause people to consume
" too much transportation relative to other goods and
" accordingly lead to over investment in transportation
" facilities.

(DOMENCICH T.A. & KRAFT G. /2/ p;75).

CHAPITRE 3.

LES CRITERES DE CHOIX ENTRE LES POLITIQUES EN MATIERE DE TRANSPORT.

A. ANALYSE GRAPHIQUE DE LA DECONGESTION

L'objectif des différentes politiques de transport étant avant tout la décongestion, la décision de faire usage de telle ou telle politique doit donc tenir compte de l'impact possible de chaque politique sur la fluidité du trafic.

Les graphiques que nous présentons ci-après permettront d'illustrer ce premier critère de choix que constitue le degré de décongestion. Deux hypothèses sont sous-jacentes à cette représentation graphique :

- HYP 1.: la capacité des TPU est pleinement utilisée dans la situation de départ.
- HYP 2.; les véhicules privés sont toujours remplis avec la même intensité.

I.- Le premier graphique nous montre l'effet de la politique de road pricing (R.P.) sur le degré de congestion et sur lui seul !

Le rapport $\frac{\text{TPU}}{\text{T.PRIVES}}$ nous donne la répartition des voyageurs entre les modes.

- E. :représente l'espace routier
- N. :relation technologique exprimant la quantité d'espace utilisée en fonction de la répartition de la demande. Tous les points de la droite N. se rapportent à un même volume de demande globale.

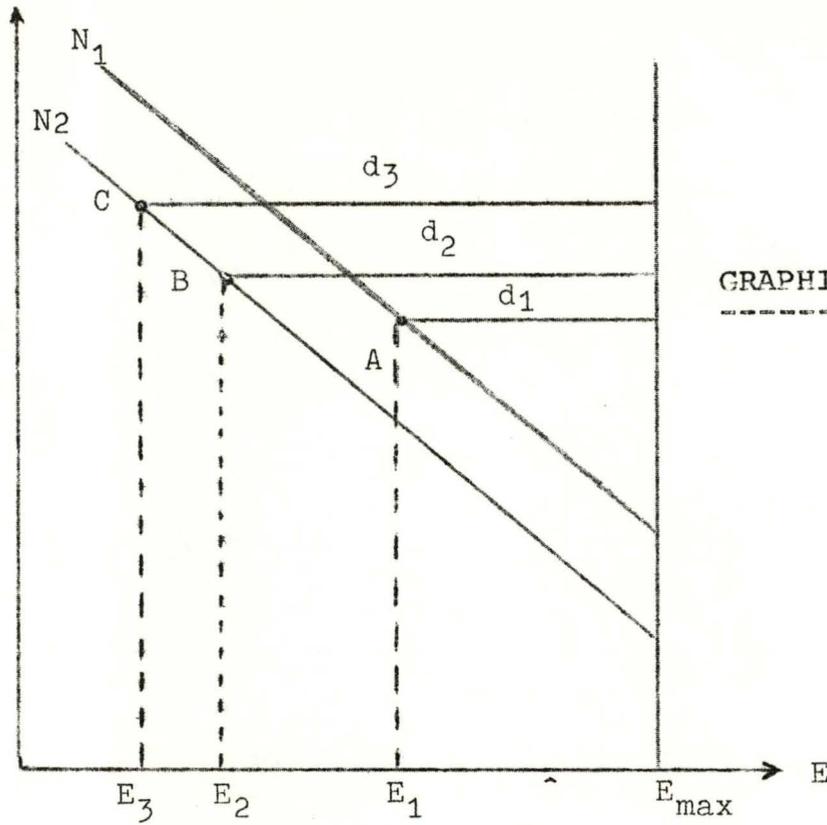
Pour un volume donné de demande (N_1) et pour une répartition donnée (point A), l'espace utilisé est E_1 .

La différence entre l'espace maximum utilisable (E_{\max}) et l'espace utilisé (E_1) nous donne une expression (d_1) de la fluidité du trafic dans la situation initiale.

Nbre voyageurs
TPU

Nbre voyageurs
Privés

1.

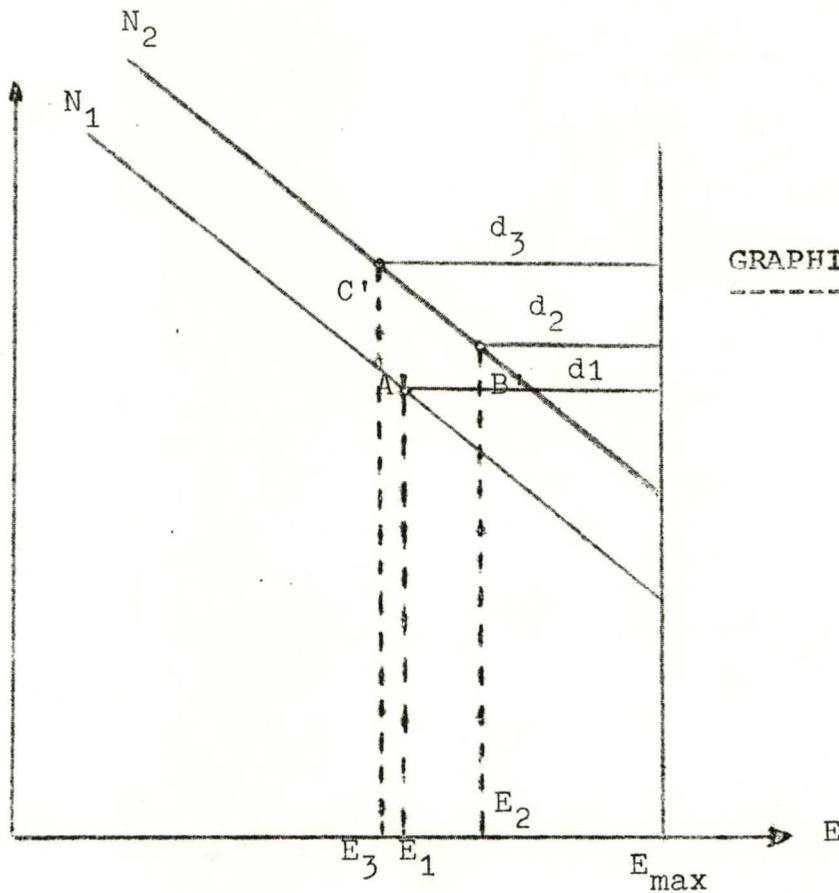


GRAPHIQUE I.

Nbre voyageurs
TPU

Nbre voyageurs
Privés

2.



GRAPHIQUE II.

Nous décomposerons l'effet de la politique de R.P. en deux effets partiels :

1/1 "EFFET REVENU"

La hausse du prix des T.privés provoque une baisse de la demande pour ce mode de transport.
La demande globale diminue donc et passe de N_1 à N_2 .
La baisse de demande étant due uniquement à la diminution de la demande pour le mode de transport privé, la répartition se modifie.

Nous nous déplaçons alors du point A au point B.
Le point B est nécessairement situé sur la droite N_2 (la demande globale ayant diminué) et plus haut que le point A (le rapport TPU/T.PRIVES ayant augmenté quand le nombre d'utilisateurs des T.Privés a diminué.)

$E_{\max} - E_2 = d_2$ et d_2 étant supérieur à d_1 , la fluidité du trafic augmente.

1/2 "EFFET SUBSTITUTION"

La hausse du prix des T.privés, correspondant à une baisse du prix relatif des TPU, provoque un mouvement de la demande des T.privés vers les TPU.
Le volume de la demande globale reste, lui, inchangé.

Nous nous déplaçons alors du point B au point C.
Le point C est nécessairement situé sur la droite N_2 (la demande globale n'a pas varié) et plus haut que le point B (le rapport TPU/T.privés ayant augmenté quand le nombre d'utilisateurs des T.privés a diminué et le nombre d'usagers des TPU a augmenté.)

$E_{\max} - E_3 = d_3$ et d_3 étant supérieur à d_2 , l'on assiste à une nouvelle baisse du degré de congestion.

2.- Le second graphique reprend les effets d'une politique de baisse de prix dans les T.P.U.

2/1 "EFFET REVENU"

La baisse du prix des TPU provoque une hausse de la demande pour ce mode de transport.
La demande globale augmente donc et l'on passe de la droite N_1 à la droite N_2 et du point A' au point B'.
Le point B' est nécessairement situé sur N_2 (la demande globale ayant augmenté), plus haut que A' (le rapport TPU/T.privés ayant augmenté quand le nombre d'usagers des TPU a augmenté) et à droite de A' (vu l'hypothèse 1., une hausse de la demande de TPU entraîne donc nécessairement

une hausse du nombre des véhicules publics et, de là, une hausse de la quantité d'espace utilisée.)

$E_{\max} - E_2 = d_2$ et d_2 étant inférieur à d_1 , la fluidité du trafic diminue.

2/2 " EFFET SUBSTITUTION "

La baisse du prix des TPU correspondant à une hausse du prix relatif des T.privés, provoque un mouvement de la demande des T.privés vers les TPU. Le volume de la demande globale reste, lui, inchangé.

Nous nous déplaçons alors du point B' au point C'. Le point C' est situé nécessairement sur la droite N_2 (la demande globale n'a pas varié) et plus haut que le point B' (le rapport TPU/T.privés ayant augmenté quand le nombre d'utilisateurs des T.privés a diminué et le nombre d'utilisateurs des TPU a augmenté.)

$E_{\max} - E_3 = d_3$ et d_3 étant supérieur à d_2 , la fluidité du trafic augmente.

Notons que dans ce cas-ci l'effet net ne sera positif que si d_3 est supérieur à d_1 . C'est-à-dire qu'il est nécessaire que la hausse de congestion provoquée par l'accroissement de la demande de TPU ("EFFET REVENU", passage de d_1 à d_2) soit plus que compensée par le mouvement des T.privés vers les TPU. ("EFFET SUBSTITUTION", passage de d_2 à d_3 .)

REMARQUE ; les effets de la politique de parking (cfr C.2) peuvent être représentés par un graphique similaire au graphique 1.

B. LE COUT DES POLITIQUES

Il est indispensable de préciser que le choix entre les trois politiques proposées au chapitre 2, point C, ne peut se faire sur la seule base de l'effet net de ces politiques sur le degré de congestion.

La politique de baisse du prix des TPU (TPU gratuits par exemple) implique l'octroi d'un subside aux entreprises fournissant ce service. Ceci peut se traduire par une hausse des dépenses de l'Etat.

Pour les deux autres politiques, il faut prendre en considération, d'une part, la hausse des recettes de l'Etat (taxe sur l'usage des parkings ou de l'espace routier) et, d'autre part, du coût de mise en place de ces politiques.

C. LES EFFETS SECONDAIRES

- a) W.VICKREY, traitant de la tarification au Cm écrit ceci :

" Another consideration that may, in some cases
 " operate to require modifications of pricing policies
 " based on marginal cost is the desirability, other
 " things being equal, of minimizing inequalities in
 " income /.../
 " In many cases, however, the relation of the pricing
 " structure of a particular utility service to the
 " distribution of income will be slight or uncertain
 " /.../ A major exception may be in the pricing of
 " local transit services, where the incidence of a fare
 " increase, regarded as a tax, is /.../ regressive (1)
 " /.../ This consideration would argue for pushing
 " transit fares below the level that would otherwise
 " be appropriate and, even, possibly below the margi-
 " nal cost." (/11/p.99)

L'argument de cet auteur fait référence au cas des TPU. Toutefois, il ne nous semble pas erroné de faire une comparaison rapide au cas des T. privés.

(1) cfr page I-14

L'égalisation par une taxe du Cmp et du Cms pour les automobilistes est ressentie différemment par les agents économiques et cela en fonction de leurs positions dans l'échelle des revenus.

L'utilité marginale de la monnaie étant plus élevée pour les titulaires de bas revenus, l'effet d'une telle tarification au Cms sera relativement plus pénalisateur pour les revenus faibles et moins pour les revenus importants.

Cette critique ne peut induire quiconque à s'opposer à la tarification au Cms (R.P.) sur cette seule base !

Notons toutefois qu'un second argument vient s'ajouter au premier (cfr FRANKENA /4/ p.225) :

*" If the fare reduction were financed by a proportional income tax on a base with the same percentage distribution of incomes, the net incidence of the increased subsidy would therefore be progressive.
" The same result would be true if the subsidy were financed by provincial taxes."*

Cet argument est vérifié pour le système canadien mais il nous faudrait en établir la preuve dans le cas européen. Cependant, la seule conclusion que nous pourrions en tirer est la suivante :

- Sur l'unique plan de l'influence de la politique choisie (R.P. ou free transit) sur la distribution du revenu, une baisse du prix des TPU peut être progressive (1) tandis qu'une hausse du prix des T. privés peut être au contraire régressive (1) !

(1) L'incidence d'une taxe est régressive si la charge moyenne de la taxe, exprimée en pourcentage du revenu, diminue quand le revenu augmente. L'incidence d'un subside est régressive si le subside moyen reçu exprimé en pourcentage du revenu, augmente quand le revenu augmente.
L'incidence nette d'un subside est régressive, si le subside moyen reçu moins la charge moyenne de la taxe tous deux calculés en pourcentage du revenu, augmente quand le revenu augmente.

- b) Parmi les effets secondaires des différentes politiques en matière de transport urbain, on peut également envisager les effets sur les schémas d'activité. Quelques chercheurs de l'université de Reading ont exposé ces effets (BATTY J.M., HALL P., STARKIE D.N.M /1/).

Le but de l'étude citée est de découvrir non les effets directs des TPU gratuits sur la congestion mais, au contraire, les effets indirects expliqués par les interrelations entre les TPU et la structure de la ville.

La conclusion principale de cette étude peut se résumer comme suit : l'effet global de la gratuité des TPU consiste en un déplacement modéré de la population du centre vers l'extérieur.

Les auteurs eux-mêmes reconnaissent toutefois certaines faiblesses de leur modèle.

Un exemple est le fait de ne pas avoir tenu compte des "green belt policies" : *"one ironic result of the policy /.../ might be to make feasible to commute from homes where no homes existed."* (BATTY, HALL STARKIE /1/ p.14).

Quoi qu'il en soit, ce qui nous intéresse c'est l'existence indiscutable de relations plus ou moins étroites entre les modifications au sein des TPU et les activités économiques ou, plus exactement, la structure et la répartition de ces activités dans le cadre urbain.

Les impacts du rétablissement du biais sur le marché des transports semblent donc s'étendre bien au-delà des effets sur la congestion proprement dite.

La distribution du revenu et les modifications dans la répartition des zones urbaines entre les quartiers résidentiels et les quartiers de travail, constituent deux des effets secondaires possibles et ce ne sont pas les seuls.

Aucune étude n'a, à notre connaissance, pu établir avec certitude la validité ou la non validité des trois politiques citées plus haut. En effet, même si les modèles et les expériences concrètes permettent de se faire une idée des conséquences possibles des politiques de transport, jamais personne n'a prétendu prendre en considération tous les effets et à tous les termes. (1)

(1) : pour d'autres effets secondaires voir DOMENCICH T.A. & KRAFT G.

CONCLUSION

Dans cette première partie, nous avons analysé trois points. En premier lieu, nous désirions préciser l'objectif principal vers lequel tendent les différentes politiques en matière de transport urbain.

Cet objectif précisé, nous avons tâché de situer la politique de baisse de prix des TPU parmi les autres politiques généralement proposées.

Enfin sur base de l'objectif principal, nous avons établi le premier critère de choix entre les politiques, à savoir le degré de décongestion réellement atteint.

Mais, comme nous l'avons vu, la décongestion n'est pas le seul effet possible de ces politiques.

Une mesure prise en matière de transport urbain peut, en effet, avoir un impact sur la redistribution du revenu ou sur la répartition des activités dans les zones urbaines, et ce ne sont assurément pas les seuls effets secondaires prévisibles.

Dans la seconde partie de ce mémoire, nous donnerons un aperçu de ce qui s'est déjà réalisé tant sur le plan théorique que pratique, mais en concentrant notre attention sur les politiques réalisables dans les TPU et, en particulier, sur une mesure préconisée par certains, à savoir la gratuité des TPU.

+++++

BIBLIOGRAPHIE : Première partie

/1/ - BATTY J.M., HALL P., STARKIE D.N.M.

" The impact of fares-free public transport upon
" urban land use and activity patterns".

in " Public Transport fares simposium"
held at the transport and Road Research laboratory :
(28-30 November 1973)
CROWTHORNE - BERKSHIRE U.K.

/2/ - DOMENCICH T.A., KRAFT G. (Charles River Associates Incorporated)

" Free Transit"

Heath Lexington Books
D.C.Heath & Company
LEXINGTON - MASSACHUSETTS

/3/ - FELIX B.B.C.

32ième Congrès International : HAMBOURG-BERLIN 1957
II "TARIFS"
Union Internationale des Transports Publics

/4/ - FRANKENA M.

" Income distributional effects of urban transit
" subsidies".

in Journal of Transport Economics and Policy
Sept. 1973 p. 215-229

/5/ - LAPARRE A.

29ième Congrès International : EDIMBOURG 1951
"Tarification & Perception".
Union Internationale des Transports Publics.

/6/ - LATSCHA W.

38ième Congrès International : LONDRES 1969 ; 6
"Rentabilité dans les entreprises de transports publics"
Union Internationale des Transports Publics

/7/ - MICHELET M.

Intervention lors du 2ième symposium international sur la
théorie et la pratique dans l'économie des transports.
(Conférence Européenne des Ministres des Transports.)
P. 458 à 460.

/8/ - QUARMBY D.A.

"Choice of travel mode for the journey to work"
in Journal of transport economics and policy vol.1, n°3, 1967.

/9/ - SEGELHORST E.W., KIRKUS L.D.

"Parking bias in transit choice"
In journal of transport economics and policy
Jan.1973, p.59-69.

/10/ - U.I.T.P. REVUE

Volume XVII, 3 - 1968

/11/ - VICKREY W.

"Some Implications of marginal cost pricing for public
utilities."

A.E.R. Supplément, vol.45 (1955) n°2, p.605-620
in Penguin Modern Economics : "Transport".

DEUXIEME PARTIE

LA POLITIQUE DE GRATUITE DES T.P.U.

Pour analyser la politique de gratuité des T.P.U., nous mentionnerons tout d'abord quelques études dont les résultats peuvent être considérés comme des arguments en faveur de cette politique.

Un consensus général est loin cependant d'être établi sur la validité de la politique de tarifs nuls dans les T.P.U. et c'est pourquoi le chapitre 2. sera consacré aux arguments des adversaires de cette politique.

Dans un troisième chapitre, nous verrons ce qu'en pratique on peut espérer de la politique de gratuité des T.P.U. en nous basant sur les expériences réalisées à Rome et à Atlanta au cours des dernières années.

Enfin, pour clôturer cette deuxième partie, nous aborderons la question de validité des T.P.U. gratuits mais vue cette fois sous l'angle particulier de l'entreprise fournissant les services de T.P.U.

=====

CHAPITRE 1.

LES "DEFENSEURS" DES TPU GRATUITS

A. THE CRISTAL MODEL (TANNER J.C., LYNAM D.A. /17/)

Le but général poursuivi par les auteurs de ce modèle est la prévision des effets de différentes politiques en matière de transport urbain..

L'estimation du modèle s'est faite pour l'année 1970 dans le cadre de l'agglomération de LONDRES.

I. Brève description du modèle

- a) Les coûts et bénéfices pris en considération pour l'analyse des diverses politiques sont :
(cfr tableau I, p.II-19)

- pour les voyageurs :
 - les coûts monétaires
 - les coûts en termes de temps
 - les bénéfices dus à la hausse du nombre de trajets
 - les pertes dues à la baisse du nombre de trajets
- pour les entreprises de TPU :
 - les recettes = le prix multiplié par le nombre de voyageurs
 - les coûts de fonctionnement
- Pour le Gouvernement (1) :
 - les revenus provenant des taxes sur l'essence...

- (1) : Le Cristal model ne peut pas être considéré comme un modèle de welfare.
En effet, un des coûts considérés dans ce modèle est la perte de recettes de l'Etat, provenant des taxes sur l'essence et, du point de vue welfare, la perte de recettes de l'Etat correspond à des sommes non dépensées par les agents privés, et cela ne constitue pas à proprement parler un coût pour la collectivité.

- b) Les deux principales composantes du modèle global sont les sous-modèles de demande et d'offre.

Le modèle de demande (1) détermine le nombre de trajets entre toutes les paires "origine - destination", pour chaque mode et chaque itinéraire, en fonction des coûts généralisés (monnaie et temps) des différents modes et des différents itinéraires.

Le modèle d'offre indique comment les temps et les coûts de transport, entre chaque paire "origine-destination" et par chaque mode, dépendent du nombre de trajets effectués par les différents modes et les différents itinéraires.

C'est par un processus itératif que ces deux modèles indiqueront le nombre de trajets, la structure des flux, les temps et les coûts résultant des diverses politiques testées.

- c) Les résultats repris ci-dessous nous importent peu en tant que tels. Ce qui nous intéresse, c'est le signe de ces résultats qui nous donnera le sens des conclusions.

Le modèle donne des indications pour 3 zones concentriques. Il apparaît que, sur le plan des bénéfices économiques réalisés, l'extension d'un système de TPU gratuits à la zone la plus éloignée du centre (zone 3), n'est point significative.

Pour les zones 1 et 2 cependant les résultats sont intéressants.

ZONES	Prix (Pence / Km)		Bénéfice en millions £ / an
	BUS	RAIL	
3	0	0	+ 34
2	0	0	+ 32
1	0	0	+ 21

(I): Formule générale : $t_i = a g_i \left(\sum_j g_j \right)^\beta$

t_i = nombre de trajets par le mode i

g = le coût généralisé

Où le paramètre α distribue les trajets entre les modes

Et le paramètre β influence le nombre total de trajets par tous les modes en fonction du niveau général des coûts.

Il vient donc que pour la zone 2, par exemple, (inner London area) les bénéfices nets se chiffrent à 32 millions de £ par an et se répartissent comme suit :

variation dans les profits des TPU	- 77
bénéfices pour les voyageurs	+120
variation des recettes de l'Etat	- 11
	<hr/>
	+ 32

- d) En dehors de la gratuité des TPU (bus / rail), les auteurs du modèle ont testé les politiques suivantes : bus gratuits uniquement, et ensuite transports sur rails gratuits uniquement.

Dans les deux cas, l'on constate l'inefficience car le solde "bénéfices bruts - coûts" cesse d'être positif.

Ceci est dû à la sous-utilisation des ressources dans le mode dont le tarif n'est pas nul.

2. Conclusions générales du modèle

- a) Les coûts de fonctionnement (C) des TPU représentent 2 à 3 fois les bénéfices nets retirés (X) de la politique de tarifs nuls.

$$B - C = X ; X = \frac{40}{100} C \text{ ou } C = 2,5 X.$$

B = bénéfices totaux

- b) Les flux de voitures particulières sont réduits de 5 à 25% suivant la zone considérée.

3. Les auteurs du modèle reconnaissent que leurs résultats sont sans doute surestimés, mais cela n'empêche pas le sens des conclusions de rester valable.

B. THE SINGLE LINK MODEL (WEBSTER F.V., OLDFIELD R.H. /18/)
Cfr tableau 1.

- I. Ce modèle constitue en fait une forme très simplifiée du Cristal Model. Ce dernier étant très coûteux en termes de temps de calcul, le Single link model a été utilisé pour certains cas particuliers.

Outre la gratuité des bus et métros, on trouve ici testés :

- les baisses de prix des bus et métros
- le road pricing
- les bandes de circulation réservées aux bus
- ainsi que différentes combinaisons de ces politiques.

Notons que les zones considérées ne sont pas identiques à celles du premier modèle, ce qui peut expliquer certaines différences dans les résultats.

Les signes de ces derniers restent cependant inchangés lorsque des politiques semblables sont testées par les deux modèles.

2. Conclusions du modèle :

- a) bus et métros gratuits procurent des bénéfices
 $B - C = X \geq 0$ (cfr p. II-4;2.;a.)
- b) bus gratuits et métros payants sont une politique inefficente.
- c) Les baisses de prix dans les TPU procurent une fraction des bénéfices obtenus par les TPU gratuits, fraction proportionnelle au pourcentage de baisse de prix. Toutefois, certains bénéfices ne peuvent alors être réalisés : baisse des coûts administratifs par exemple.
- d) Les TPU gratuits fournissent des bénéfices supérieurs à ceux réalisés par un système de bande de circulation réservée aux bus (site propre).
- e) Les TPU gratuits et le Road Pricing, engendrent des bénéfices inférieurs à la somme des bénéfices des deux méthodes appliquées isolément.

C. "CHOICE OF TRAVEL MODE FOR THE JOURNEY TO WORK"
(D.A. QUARMBY /8/ (cfr tableau 1))

- I. La méthode utilisée par D.A. QUARMBY, fort différente de ce qui a été réalisé ailleurs, ouvre une voie de recherche très intéressante.

Nombreux sont les modèles construits pour expliquer le choix des personnes entre les modes de transport et l'innovation introduite par D.A. QUARMBY réside dans le fait qu'il établit non une fonction de demande de transport mais une fonction de désutilité qui détermine le choix entre les modes de transport.

Utilisant la technique de l'analyse discriminante, l'auteur classe les demandeurs de transport en deux groupes séparés par un "seuil de désutilité".

A ce stade, il convient donc de minimiser le nombre de mauvaises classifications par rapport à ce seuil (cfr annexe 1).

Le principe suivi consiste à considérer que les agents répartis de part et d'autre du seuil ne peuvent le franchir que moyennant un changement dans le choix du mode.

Les changements de classement consécutifs à l'utilisation d'un instrument de politique économique donneront donc l'ampleur de la modification de la répartition de la demande entre les modes.

Ceci constitue donc un moyen de comparaison de différentes politiques sur le plan de l'importance du mouvement engendré d'un mode de transport vers un autre.

2. La fonction de désutilité

Quoique le système présenté ici peut être généralisé et de ce fait considéré plus de deux modes de transport possibles, nous nous limiterons au cas de deux modes, pour plus de facilité.

Nous supposons l'existence de plusieurs déterminants (1) du transport (de 1 à k). Chaque déterminant entraîne une certaine désutilité (ex.: temps de transport, d'attente, coût, ...)

Soit d_{pij} la mesure du déterminant p pour le mode i et la personne j. De plus l'ampleur du déterminant p ou plus exactement sa contribution à la désutilité est appelée λ_{pij} .

(1) : "dimensions" chez D.A. QUARMBY.

Il vient donc que $\lambda_{pij} d_{pij}$ = la désutilité du P_i ème déterminant du mode i pour la personne j et, de là, la désutilité du transport par le mode i pour la personne j = D_{ij} =

$$\sum_{p=1}^k \lambda_{pij} d_{pij} \quad (2).$$

De là, nous posons qu'un voyageur j choisira le mode 1 si $D_{1j} < D_{2j}$

Cela suppose, en d'autres termes que le voyageur j minimise sa désutilité en choisissant le mode 1.

Dans l'hypothèse de l'existence de deux modes de transport, il est préférable de définir une désutilité relative d'un mode par rapport à l'autre, au lieu de comparer des utilités absolues.

On peut en effet supposer que les personnes transportées considèrent les caractéristiques relatives d'un mode par rapport à l'autre, et non de manière séparée et en termes absolus.

Dans le cas où les voyageurs s'intéressent aux désutilités absolues, on peut définir R_j - la désutilité relative - comme étant égale à $D_{1j} - D_{2j}$.

Si R_j est négatif, on choisira le mode 1 et vice-versa.

De manière plus générale, on peut définir R_j comme étant égal à

$$\sum_{p=1}^k \lambda_{pj} f_p (d_{p1j}, d_{p2j}) \quad \text{où}$$

f = l'expression de la relativité entre les déterminants des deux modes. (f peut représenter donc le rapport des déterminants ou le log de ce rapport, etc...)

Sous cette forme, on peut alors dire que le mode 1 sera choisi si R_j est petit et le mode 2 si R_j est grand.

Une fois les λ déterminés, on peut alors (cfr D.A. QUARMBY /8/) répartir les personnes de part et d'autre d'un seuil " R_j " choisi de telle manière que l'on minimise le nombre de mauvaises classifications, c'est-à-dire que l'on minimise le nombre de personnes ayant choisi le mode 1 et se trouvant au-dessus du seuil, et le nombre de personnes ayant choisi le mode 2 et se trouvant en-dessous du seuil. (1)

2. Résultats : D.A. QUARMBY a testé différentes politiques concernant l'accroissement de l'attractivité des T.P.U. ou constituant des incitants négatifs à l'usage des modes de T. privés.

Les résultats obtenus pour la ville de LEEDS sont repris dans le tableau page suivante.

(1) : cfr page suivante.

Policy change from present situation	% of car owners using their cars	Change from present %	% of diversion to public transport
No change	69	-	31
All bus fares up to 6.d.	77	+ 8	23
Buses free	52	- 17	48
All parking to cost I.S.more	57	- 12	43
All parking to cost 3.S.more	41	- 28	59
Bus frequencies doubled	66	- 3	34
Buses 10 mins.faster	60	- 9	40
Cars 10 mins. faster	78	+ 9	22
All walking times from car parking place to work - places increased by 5 mins.	61	- 8	39

cfr (/8/p.299).

S'il ne fallait retenir que quelques éléments de ce travail, l'importance des résultats obtenus par les bus gratuits, relativement aux autres politiques, nous semble intéressante à noter.

Avec - 17%, la politique de tarifs nuls arrive en seconde position après la hausse de 3.S du prix des parkings. Mais, et c'est important, l'accroissement de la fréquence des bus (doublée) n'entraîne que 3% de changement dans la répartition actuelle.

(1) : D.A. QUARMBY a repris certains éléments de la méthode de M. BEESLEY. La comparaison de ces deux travaux est reprise dans l'annexe I.

CHAPITRE 2.

LES ADVERSAIRES DES T.P.U. GRATUITS

A. H.J. RAUM /12/ (cfr tableau 1.)

Dans son article, cet auteur émet une série d'objections et de doutes quant à l'efficacité de la gratuité des TPU. La démarche est structurée de la manière suivante :

- influence des tarifs nuls sur la demande de TPU émanant des utilisateurs actuels et des non-demandeurs de transport.
- influence sur la demande de transports privés et mouvement éventuel vers les TPU
- autres aspects des tarifs nuls.

I. Les utilisateurs des TPU et les non demandeurs de transport

Dans son premier point, H.J. RAUM a, à notre avis, parfaitement raison de mentionner l'effet de la politique de tarifs nuls sur les actuels demandeurs de TPU ainsi que sur les non demandeurs de transport. En effet, quelle que soit l'intensité du mouvement des T. privés vers les TPU, il n'en faut pas moins étudier l'influence de la baisse de prix sur la demande de TPU émanant des non utilisateurs des T. privés. (cfr EFFET REVENU, Partie I. chap.3, A 2/1 p. I-11)

Les répercussions de cette hausse peuvent consister en modification des niveaux d'équipement nécessaires au sein des TPU.

Partant d'études réalisées en Allemagne, aux USA ainsi que des travaux de l'U.I.T.P., l'auteur admet comme "intuitivement raisonnable" une élasticité (1) directe de la demande au prix de -0.3. (2)

- (1) La notion d'"élasticité" ne vaut cependant pas dans le cas d'une réduction du prix jusqu'au niveau zéro (dans ce cas en effet l'élasticité infinie). Mathématiquement, il faudra considérer une diminution du prix telle que ce dernier tende vers zéro.
- (2) Les élasticités extrêmes étant de - 0.12 pour Salt Lake City et -0.4 pour Hambourg.

Parmi les non utilisateurs des modes de transport privés, il existe différentes catégories qui se distinguent par la diversité des buts et motifs de transport.

Que dire, d'une part, des agents utilisant les TPU pour effectuer le trajet domicile - travail et retour ?

Le nombre de voyages obligatoires pour se rendre au travail et en revenir n'a pas de raison d'être affecté.

Toutefois par souci de précision, H.J.BAUM envisage la possibilité de voyages supplémentaires aux heures de repas - les agents considérés ici préférant rentrer à leur domicile plutôt que de rester sur le lieu de travail durant ce laps de temps.

D'autre part, certains travailleurs allant à pieds ou à vélo peuvent se décider à utiliser les TPU.

La conclusion tirée par l'auteur est la suivante : "*In short, the effect of free transit on journeys to work seems to be negligible*". (1/12/p.5.)

Ouvrons ici une parenthèse.

Nous rapportant à un entretien que nous a accordé un des responsables de la STIB, il semble que la hausse de demande provenant des actuels "non demandeurs de transport" ne soit pas négligeable.

Un exemple peut aisément expliquer cette affirmation.

A Bruxelles a été instauré un système de transit gratuit pour certaines lignes le long des boulevards dits de petite ceinture.

Il s'en suit que les possesseurs d'un billet de transport valable sur une des lignes coupant ces boulevards sont autorisés, sans supplément de prix, à utiliser les trams en service sur la petite ceinture (IO1, IO2, IO3).

La conséquence de l'instauration de ce système fut immédiate. On a pu assister à une brusque hausse de la demande à partir des points d'intersection entre les dites lignes IO1, IO2, IO3 et les lignes radiales.

Cette demande supplémentaire provient d'agents qui utilisaient auparavant les TPU pour se rendre jusqu'à ces points d'intersection et qui effectuaient le reste du trajet à pieds.

La caractéristique de cette "nouvelle" demande est qu'elle s'adresse à un service rendu sur un parcours très restreint. (1)

(1) Il serait intéressant de considérer l'effet de cette nouvelle demande sur les autres lignes mais nous ne possédons pas d'indications à ce sujet.

La S.T.I.B. s'est donc trouvée confrontée avec le problème suivant :

la hausse de la capacité - accroissement du nombre de véhicules - nécessaire pour absorber la demande n'était pleinement utilisée que sur une portion des lignes de ceinture - sur le reste du parcours, la non utilisation de la capacité était flagrante et coûteuse.

La mise en circulation de véhicules supplémentaires, mais limitée à une partie de la ligne normale a été rejetée pour des raisons d'ordre purement pratique. (1)

Dans le cas d'une véritable politique de tarifs nuls, étendue à tout le réseau urbain, on peut objecter que la demande augmentera sur toute la longueur des lignes et que la sous-utilisation du matériel roulant s'en trouvera diminuée ou supprimée.

Il n'en reste pas moins que les actuels abonnés de la marche à pieds ou de la bicyclette pourront alors exercer une demande supplémentaire, similaire à celle citée dans l'exemple qui précède, en ce sens qu'elle s'effectuera sur des trajets courts.

(1) : Les véhicules dont il est question sont des tramways et pour ce type de véhicules, il aurait fallu un espace suffisamment grand que pour leur permettre de faire demi-tour et cet espace, la S.T.I.B. n'en dispose pas au centre de la ville.

La question de savoir si oui ou non ces cas précis peuvent effectivement créer des difficultés sérieuses, nécessite, pour y répondre, une étude empirique approfondie.

Notons, toutefois, que du point de vue welfare, la hausse de demande considérée ci-dessus constitue un "bénéfice" pour les nouveaux utilisateurs des TPU si ces derniers préfèrent le métro à la bicyclette.

Notre but, en mentionnant ces cas, est simplement de mettre en garde contre une prise de position hâtive en faveur du système de gratuité des TPU.

Des problèmes pratiques peuvent se présenter et ceux-ci seront sans aucun doute fort différents en fonction de la structure propre à la ville considérée.

Revenons à l'article de H.J.BAUM ; d'autres motifs de transport y sont envisagés.

Les "voyages d'affaires" ont, d'après l'auteur, d'autres déterminants que le prix et le nombre de ces voyages ne changera pas.

Le "shopping" constitue, lui, par contre, un motif de transport dont le prix peut être considéré comme un facteur suffisamment important que pour entraîner un mouvement vers les TPU. La grande attractivité du centre et la gratuité des TPU sont, dès lors, à comparer, pour les agents économiques, avec des éventuelles pertes de temps et de confort.

Avant d'aborder les effets sur la demande de T.privés, H.J.BAUM mentionne enfin comme conséquence de l'abolition des tarifs la demande additionnelle pour des "voyages inutiles".

M.A.KEMP /15/ parle également de cet élément particulier dans le cadre de l'expérience de gratuité des TPU à Rome (cfr infra) :

"... there is some evidence that, in Rome, some riders were attracted by the novelty of getting something for nothing. /15/p.16."

Un tel effet peut être considéré comme négatif en ce sens qu'il représente une utilisation à mauvais escient des ressources économiques.

La quantification de cet effet semble cependant délicate d'autant plus que la durée de cet effet peut être limitée dans le temps et qu'elle variera sans doute d'un cas à l'autre.

De tout ceci, il ressort que l'instauration de TPU gratuits provoquera, à coup sûr, une hausse de la demande pour ce mode de transport et que l'intensité de cette hausse est fonction entre autres du motif du déplacement.

2.- Les utilisateurs des modes de transport privés.

Se basant sur les résultats de diverses études, qui tendent à classer les déterminants de la demande de transport, H.J.BAUM fait trois constatations :

- a) - Les usagers des modes de transport privés sous-estiment les coûts de leur mode. Ce faisant, ils sous-estiment donc l'avantage relatif des TPU quant aux coûts (coûts dans le sens monétaire).
- b) - Parmi les nombreux éléments influençant la demande de transport, les prix et la sécurité sont les seuls à être en faveur des TPU.
- c) - Faisant un survol des études empiriques réalisées, H.J.BAUM classe ainsi les déterminants de la demande (1) :

- 1.- vitesse
- 2.- prix
- 3.- sûreté
- 4.- fréquence
- 5.- confort
- 6.- ponctualité
- 7.- probabilité d'avoir un siège
- 8.- ne pas changer de véhicule au cours du trajet
- 9.- accessibilité aux TPU.

(1) : le principe qui est à la base de ce classement est le suivant :

H.J.BAUM additionne les coefficients de classement pour chaque déterminant de la demande et divise le résultat par le nombre d'études qui ont repris ce déterminant dans leur liste.

Une telle moyenne n'approche pas nécessairement, à notre avis, la réalité dans la mesure où ces études donnent des résultats fort différents les uns des autres.
(cfr annexe 2.)

Avant de conclure, mentionnons encore, tout comme l'a fait H.J.BAUM, certains résultats de l'étude menée par MOSES L.N., WILLIAMSON H.J.Jr /16/ :

REACTIONS TO SUGGESTED FARE REDUCTIONS

<u>FARES (U.S.CENTS)</u>	<u>% OF MOTORISTS CHANGING TO PUBLIC TRANSPORT</u>
20	0.5
10	6
0	13
-10	24
-20	37
-30	47

H.J.BAUM conclut alors :

"...it seems that a transfer from private to public transport can be achieved more efficiently by improvements in the quality of public transport ; the isolated introduction of free transit cannot relieve towns of traffic congestion."
 (/12/p.12).

Cet argument ne peut être valable que si - et H.J.BAUM ne le fait pas - on compare la politique de TPU gratuits et celle d'amélioration du service tant sur le plan de la baisse de congestion que sur celui des coûts attachés à ces politiques ; leurs effets secondaires sont aussi importants mais moins aisément quantifiables.

M.KEMP semble toutefois de l'avis de H.J.BAUM en écrivant :

" Thus some simple improvements costing about one - sixth that of systemwide fare abolition would lead to roughly two - thirds the reduction in car traffic."

(/15/p.10)

Ceci constitue un sérieux plomb dans l'aile pour ceux qui prônent la gratuité des TPU dans le seul but de décongestionner les villes !.

3.- Autres aspects des tarifs nuls

- a) Une nouvelle critique est encore adressée ici à l'encontre des TPU gratuits et elle peut se résumer ainsi : Quoique les coûts d'une telle mesure sont faibles par rapport au P.N.B. (1.76 milliard D.M. en 68, contre 527 milliards D.M. pour le P.N.B.), les municipalités n'ont pas les reins suffisamment solides que pour se permettre de financer un tel montant.

Par rapport à cet argument, deux remarques nous viennent à l'esprit :

- la situation financière des villes allemandes peut ne pas être représentative de la situation dans d'autres pays.
Cette remarque ne veut point établir que les villes allemandes sont les seules à ne pouvoir financer les coûts de la politique de tarifs nuls, loin de là ! Il nous semble cependant que si un projet de gratuité des TPU devait être analysé, il se doit d'être adapté à la situation financière de la ville ou du pays choisi. Peut-être l'argument de H.J.BAUM n'en aurait-il que plus de poids !
- Il est bien évident que le fait de rendre les TPU gratuits implique de trouver une source de revenus autre que les recettes de l'entreprise de TPU pour couvrir les dépenses.
Personne ne prétend que les impôts et taxes actuels ne peuvent, à priori, être modifiés pour couvrir ces frais.

La question à se poser est celle de savoir si les dépenses actuelles des villes sont liées à des objectifs au moins aussi valables du point de vue du welfare que celui de rendre les TPU gratuits.

Si tel est le cas, il faudra nécessairement étendre le montant des recettes fiscales et utiliser cet accroissement à l'unique fin de réaliser l'objectif nouveau.

Tout ceci n'est valable que si l'on considère comme indispensable de voir les villes elles-mêmes financer les dépenses des TPU. Ici encore, il n'y a pas de consensus et la discussion reste ouverte. (1)

(1) : notons qu'à ce stade, nous atteignons la sphère politique et qu'ainsi nous sortons du cadre de ce travail.

- b) " Les avocats des TPU gratuits ne pensent pas que la
 " dépendance totale vis-à-vis des subsides induira des
 " pertes d'efficacité dans les processus du fonctionnement
 " et d'investissement des TPU.
 " Ils disent que la rationalité des décisions et des poli-
 " tiques peut être garantie par des contrôles, des compa-
 " raisons économiques et des incitants financiers auprès
 " des dirigeants des TPU.
 " Mais il semble plus probable que les forces qui condui-
 " sent à l'efficacité et à la rationalité sont plus effec-
 " tives si la direction des TPU est pleinement responsable
 " du résultat financier.
 " Lorsque les TPU sont totalement subsidiés l'on peut
 " avoir des doutes concernant l'efficacité et le progrès."

(/12/p:15)

L'auteur de ces lignes est loin d'être le seul à penser ainsi.

Au cours d'entretiens avec des responsables d'entreprises de transport (S.T.I.B. & W.M.P.T.(1)), nous avons constaté le souci constant de se maintenir à un certain niveau d'équilibre entre les recettes et les dépenses - ou de ne pas accroître les pertes d'exercice - et ce, entre autres, dans le but de sauvegarder l'efficacité de la gestion.

- c) Considérant l'effet sur la redistribution du revenu, H.J.BAUM considère, d'une part, celui-ci comme faible - étant donné le peu d'importance accordé aux transports dans le budget des ménages - et d'autre part, il conteste l'hypothèse selon laquelle la plupart des utilisateurs des TPU sont titulaires de bas revenus.

Pour rester objectif, il faut admettre que même si le premier argument est vrai, la somme d'effets secondaires de ce type peut, elle, être significative.

Concernant le second argument, disons simplement que si tel n'est pas le cas en 1960 aux USA et en 1964 et 1967 à Hambourg, il n'en faut pas pour autant conclure que telle est la situation générale.

(1) WEST - MIDLANDS PASSENGERS TRANSPORTATION

B. R. GUTNECHT /14/.

Cet auteur met l'accent sur le fait que les défenseurs des TPU gratuits sous-estiment l'importance du "mauvais usage" qui sera fait si les tarifs venaient à disparaître dans les TPU.

D'autre part, indubitable est pour lui le fait qu'à long terme, on assistera à une "détérioration" de l'image des TPU.

Enfin, le risque de perte d'efficacité et de rationalisation semble, ici encore, non négligeable.

D'autres critiques ne nous semblent cependant pas justifiées :

- *" The raising of funds for public transport through taxes
" would mean a negative distribution of income."
(/14/p.20)*

Peut-être, mais il faudrait pour être objectif, considérer la structure fiscale du pays choisi et la taxe utilisée (cfr supra M.FRANKENA p.I-14)

- *" Introduction of free travel would mean that the individual would be directed how to spend his income, i.e.,
" the free travel would take away freedom of consumption
" from the individual."
(/14/p.20)*

Ceci semble plutôt être le cas si rien ne change dans la structure de prix des TPU et T.privés.

En effet, il existe un biais sur le marché des transports, (cfr supra) et c'est dans la situation actuelle que l'argument cité peut s'appliquer.

Quoi qu'il en soit, R.GUTNECHT résume assez bien certains arguments avancés par les adversaires des TPU gratuits.

- Le pourcentage de diversion des transports privés vers les TPU est faible (le travail de D.A.QUARMBY ne semble pas donner un résultat identique !-cfr p.II-9)
- la qualité du service va diminuer
- on assistera à une hausse des coûts pour l'entreprise de TPU, vu l'usage arbitraire qui sera fait de ce mode de transport.

C. Thomas A. DOMENCICH & G erald KRAFT (cfr tableau 1 bis) -/2/-

Le but de cette étude était de mener une analyse économique de la politique de TPU gratuits.

a) Le modèle de demande (cfr annexe 3).

Le nombre de voyages aller et retour (O-D et D-O) (1) ventilé entre modes et entre motifs de transport, est fonction du coût (O.D., D.O.) du mode choisi pour un motif déterminé, du temps pour parcourir le trajet (O.D., D.O.) par ce même mode et pour le même motif, des coûts et temps (O.D., D.O.) des différents modes et de variables socio-économiques caractérisant les voyageurs des différentes origines et les activités des différentes destinations.

b) Quels que soient les objectifs considérés, les auteurs de cette étude, tirent toujours les mêmes conclusions. Celles-ci peuvent se résumer ainsi : quoique le système de TPU gratuits contribue à réaliser les objectifs qu'on lui associe, les améliorations du service de TPU sont généralement plus efficaces dans la réalisation des mêmes objectifs.

(1) : O = ORIGINE

D = DESTINATION

TABLEAU I. - TABLEAU RECAPITULATIF des COUTS & BENEFICES ENVISAGES par les ETUDES
 PRESENTEES aux CHAPITRES 1. & 2.

"Défenseurs"	Usagers des TPU	Utilisateurs des T. Privés	Non utilisateurs de modes de T.	Entreprise de TPU	Etat
<u>CRISTAL MODEL</u>	* variations ds les coûts monétaires * variations des coûts en termes de temps * bénéfices vu la hausse du nombre de trajets * pertes vu la baisse du nombre de trajets	* variations ds les coûts monétaires * variations des coûts en termes de temps		* variations des recettes * variations des coûts de fonctionnement	* variations des recettes provenant des taxes sur l'essence, par exemple
<u>SINGLE LINK MODEL</u>	idem	idem	idem	idem + variation des coûts administratifs et gains dûs au passage "one man operation O.M.O."	idem
<u>D.A. QUARMBY</u>	Ce modèle étudie les effets de diverses politiques sur la congestion. Le critère est l'importance du mouvement T. privés vers TPU.				
<u>"Adversaires"</u>					
<u>H.J. BAUM</u>	* Redistribution du revenu		* bénéfice vu le passage aux TPU	{ variation des coûts variation de la capacité * perte d'efficacité dans la gestion	* financement de la politique de TPU gratuits
<u>R. GUTNECHT</u>	Redistribution du revenu			hausse des coûts vu demande "inutile" détérioration de l'image des TPU perte d'efficacité	

<p>T.A. DOMENCICH G.KRAFT</p>	<p>Redistribution du revenu</p> <p>Baisse de congestion et de pollution</p> <p>Diminution des problèmes de parking</p> <p>Accessibilité aux emplois pour les résidents des ghettos</p>			<ul style="list-style-type: none"> * modifications de les performances suite à la suppression de la récolte des recettes * variations (en + et en -) des coûts * aide pour la gestion de l'entreprise 	<ul style="list-style-type: none"> * fonds publics nécessaires au financement d'un système de TPU gratuits élargi au plan national
---------------------------------------	--	--	--	--	---

CHAPITRE 3..

LES EXPERIENCES PRATIQUES REALISEES (cfr M.KEMP /15/.)

Comme l'écrit M.KEMP, le danger est que dans les travaux réalisés (chapitres 1 & 2) il y a un important degré d'extrapolation.

Pour pouvoir juger de la validité des prévisions faites, il est nécessaire de posséder des résultats d'expériences concrètes, et c'est ce à quoi nous nous intéressons dans ce troisième point.

A. ROME (cfr tableau 2.)

a.- La première expérience à ROME eut lieu du 30 décembre 1971 au 7 janvier 1972.

Durant cette période, les TPU furent rendus entièrement gratuits.

La semaine durant laquelle les romains vécurent l'expérience de TPU gratuits est très particulière car un seul des 9 jours considérés peut être représentatif de la situation "normale" et c'est le 7 janvier 1972.

Durant les 8 premiers jours, il faut prendre en considération les périodes de congé tant dans les bureaux que dans les écoles.

Dans le but de visualiser l'impact de l'abolition des tarifs, on a comparé les nombres de voyageurs durant cette période avec les nombres correspondants de l'année antérieure.

Dans l'ensemble, on a assisté à un accroissement du nombre de passagers des TPU de l'ordre de 44%.

Mais, pour le 7 janvier pris isolément, ce pourcentage est beaucoup plus faible (18.4 %).

Remarquons qu'un résultat agrégé de ce type masque certains éléments et mérite donc d'être quelque peu explicité.

* - A Rome, la structure des tarifs est une "flat fare structure", ce qui signifie que le prix des TPU (50 lires) n'est pas fonction de la distance.

(BRUXELLES pratique un système identique alors que LONDRES ou BIRMINGHAM, par exemple, pratiquent un tarif par zones).

Toutefois, avant 08.00 du matin, le prix est de 25 lires.

L'abolition du tarif a donc supprimé tout incitant à circuler avant la période de pointe de début de journée et le nombre de voyageurs avant 08.00 a diminué de 15%.

* - Les 18% de hausse de demande totale pour les TPU le 7 janvier 1972 constituent une moyenne qui ne représente nullement une tendance commune à toutes les lignes.

En effet, sur certains trajets, le nombre de titres "vendus" (1) entre 08.00 et 24.00 a augmenté de 111%, alors que pour d'autres routes, il a diminué de 4.7% le matin et n'a augmenté que de 15.6% le soir.

(1) en fait des tickets furent distribués aux utilisateurs des TPU de manière à pouvoir recenser les résultats de l'expérience.

De manière générale, on peut cependant dire que le nombre de voyageurs des TPU a augmenté plus fort durant les heures creuses que durant les heures de pointe.

Et, si l'on ajoute que la capacité des TPU n'a pas été modifiée durant l'expérience, on peut conclure que pour l'ATAC (*Azienda Tramvie e Autobus di Roma*), la gratuité des TPU a amélioré l'utilisation de la capacité aux heures creuses sans alourdir les difficultés des heures de pointe.

*- Remarquons, enfin, que l'objectif de l'expérience était d'engendrer un mouvement des transports privés vers les TPU pour diminuer la congestion urbaine.

Les questionnaires distribués lors de l'expérience aux utilisateurs des TPU donnent les résultats suivants :

- 68% des personnes qui ont répondu et 73% de ceux qui voyagent du ou vers le travail, déclarèrent qu'ils auraient de toute manière utilisé les TPU même si les prix n'avaient pas été modifiés.
- Seuls 8% des personnes interrogées déclarèrent que, quoique préférant les transports privés, ils ont été heureux d'utiliser les TPU devenus gratuits.
- Et 2% admettaient qu'ils auraient utilisé leur voiture s'ils avaient dû payer leur ticket.

b)- Non contents de la première expérience, les autorités de l'ATAC en firent une seconde qui se différencie de la première sur trois points principaux :

- la période fut beaucoup plus longue (du 2 mai 1972 au 30 juin de la même année)
- les TPU ne furent rendus gratuits qu'aux heures de pointe (de 05.00 à 08.30 et de 17.00 à 20.00)
- une bande de circulation fut réservée aux autobus le long de la via Normentana (+ 1.8 Km)

* - En Mai, la hausse de la demande de TPU n'atteignait que 11.4% par rapport à l'année précédente.

* - 52% des automobilistes interrogés à cette époque affirmèrent qu'ils ne se sépareraient de leur voiture sous aucun prétexte.

* - La bande de circulation réservée aux autobus fut, elle, considérée comme un succès.
En effet, la vitesse du service a augmenté de 10%, et on assista à un accroissement de 26% de la demande sur ce trajet.
Ce résultat semble bien aller à l'encontre des prévisions du single link model (cfr chapitre 1. B.2.d.)

c.- " *The overall result of the two experimental periods is that Rome's flirtation with free-fare services has apparently come to an end.*" (/15/p.15) - (1).

C'est en effet à cela que l'on peut s'attendre, étant donné le peu de résultat dans la réalisation de l'objectif "décongestion".

Notons cependant, avant d'en terminer, une remarque de M.KEMP relative à la durée des expériences réalisées à ROME :

" *Presumably, some of the benefits to be gained from fare-free public transport are long-run ones ; diversion from automobile for example*", may increase over time." (/15/p.16)

Ce dernier élément, important à nos yeux, s'explique entre autres par le fait que les décisions d'achat d'automobiles ne sont pas dictées par des considérations de court terme.
Ces décisions sont sans doute influençables par une politique tarifaire soutenue dans les TPU.

(1) : D'autres villes italiennes ont aussi décidé de pratiquer le système de TPU gratuits (surtout des villes à administration communiste) : PRATO en 1972 et BOLOGNE en 1973.

B. ATLANTA (cfr tableau 2.)

En février 1972, la MARTA (*Metropolitan Atlante Rapid Transit Authority*) lança un vaste programme d'amélioration du service dans les TPU.

Le programme était basé sur le maintien de bas prix, c.à.d. bien en dessous et du niveau du marché, et du niveau nécessaire pour le recouvrement intégral des coûts de fonctionnement.

Le niveau des prix passa donc en mars 1972 de 40 ç. à 15 ç. pour un trajet (1).

Cette mesure fut couplée avec un accroissement de près de 30% du nombre de miles par véhicules (février 1973).

a.- Effets isolés de la baisse des prix

Les modèles utilisés par M.KEMP pour tester les effets sur la demande, consécutifs à des variations de prix, reprennent, en tant que variables indépendantes, le prix de base, le niveau de l'offre (km-véhicules), une variable de trend et des dummy variables expliquant les variations saisonnières.

Les données utilisées recouvrent une période de trois ans au cours de laquelle on a assisté à deux modifications de prix. La première date de mars 1971, époque à laquelle le prix de base passa de 35ç. à 40ç. (en ce non compris une charge additionnelle de 5ç. par transfert).

En mars 1972, on passa à un système de prix unique de 15ç. (cfr supra).

L'élasticité de la demande à la hausse de prix de 1971 se situe aux alentours de -0.6.

Quant à la baisse de prix de 1972, celle-ci se concrétisa par une hausse de la demande correspondant à une élasticité de l'ordre de - 0.15 à - 0.2 (2) - l'élasticité à la baisse étant comme on le voit nettement inférieure à l'élasticité à la hausse -.

Les résultats estimés pour la première année de l'opération "baisse de prix" sont : 8.2 millions de voyageurs supplémentaires qui sont à additionner aux 42.8 millions qui auraient été obtenus au prix de 40ç., étant donné l'amélioration du service réalisé par la MARTA (cfr supra).

Ceci correspond à une hausse de = 19%.

(1) : Soit 62.5% de baisse par rapport au niveau initial

(2) : L'élasticité admise comme "raisonnable" par H.J.BAUM était de - 0.3.
(cfr chapitre 2. A.1.p.II -9)

Les modifications des recettes sont alors aisément calculables :

42.8 millions de passagers x 40ç. = 17.12 millions de \$

51.0 millions de passagers x 15c. = 7.65 millions de \$

soit une baisse nette des recettes de quelques 10 millions de \$.

Enfin, M.KEMP a tenté d'extrapoler les résultats dans l'hypothèse d'une baisse de prix des TPU jusqu'au niveau zéro.

La hausse de demande sera de 5.1 millions au grand maximum.

b).- Les effets isolés des améliorations du service

Le calcul de ces effets est moins aisé que dans le cas d'une baisse de prix. En effet, les améliorations - hausse de 30% du nombre de "miles par véhicules" - se sont échelonnés sur l'année et aucune d'entre elles, ou presque, n'était suffisamment importante que pour en analyser les effets de manière significative.

Les modèles - peu nombreux - qui fournissent des coefficients statistiquement significatifs, indiquent une élasticité de la demande au nombre de miles par véhicule, voisine de + 0.3.

Il est intéressant de noter, à notre avis, que cette dernière élasticité représente, en termes absolus, près du double de l'élasticité de la demande à la baisse des prix.

c).- Réponses aux questionnaires

Comme ce fut le cas à ROME, de nombreuses personnes furent interrogées durant l'expérience.

Nous ne possédons que très peu de renseignements relatifs aux résultats de ces enquêtes, toutefois, il apparaît que le mouvement "transports privés vers TPU" fut faible et coûteux.

Notons enfin que lors de la prise de décision relative à la mise en oeuvre du programme d'amélioration du service dans les TPU - en ce y compris également la baisse du prix - il a été affirmé, sans preuves connues jusqu'à présent, que l'effet net du programme sur la redistribution du revenu serait progressif.

Ceci est un élément qu'il serait très intéressant d'analyser car, d'après M.KEMP, la taxe utilisée pour financer le programme est une des plus régressives parmi les taxes utilisées aux Etats-Unis!

TABLEAU II					
RENSEIGNEMENTS GENERAUX RELATIFS AUX EXPERIENCES DE ROME & ATLANTA					
	<u>PRIX des TPU</u>	<u>"QUALITE" du SERVICE</u>	<u>DUREE de l' EXPERIENCE</u>	<u>EFFET des VA-RIATIONS de PRIX</u>	<u>EFFET des VA-RIATIONS de "QUALITE" du SERVICE</u>
ROME -----	1. NUL 2. NUL aux heures de pointe	- Bande de circulation réservée aux bus	9 jours 2 mois	faible faible	- accroissement de 10% de la vitesse et hausse de 26% de la demande
ATLANTA -----	- hausse de + 15% (1971) - baisse de 62.5% (objectif après 10 ans : prix \approx 1/2 coût de fonctionnement.)	hausse de 30% du nombre de "miles par véhicule".	programme prévu pour une durée de 10 ans	élasticité à la baisse entre - 0.15 et - 0.2 élasticité à la hausse (1971) = - 0.6	élasticité = + 0.3

C. CONCLUSIONS

Les expériences à ROME et ATLANTA sont loin d'être les seules qui ont été réalisées. (cfr M.KEMP /15/.)

De toutes ces tentatives, il ressort que le système de TPU gratuits n'est pas entièrement efficace sur le plan de la réalisation de l'objectif de décongestion.

L'élasticité croisée de la demande de transports privés par rapport au prix des TPU, et l'élasticité directe de la demande de TPU par rapport au prix de ces mêmes TPU, ne semblent pas aptes à engendrer une baisse significative du degré d'encombrement au sein des villes.

Une telle conclusion nous semble raisonnable si l'on se cantonne dans l'aspect de décongestion.

Pour prendre position vis-à-vis de la politique de tarifs nuls, dans les TPU, il nous reste cependant encore un élément à considérer et qui concerne le point de vue de l'entreprise fournissant les services de transport.

CHAPITRE 4.

LE POINT DE VUE DE L'ENTREPRISE DE TPU

Dans ce bref exposé du point de vue de l'entreprise de TPU, nous retrouverons certains des éléments mentionnés dans les pages précédentes et qui relèvent du producteur du service de transport.

En effet, dans ce chapitre, nous tâcherons de présenter, schématiquement, les divers aspects favorables et défavorables de la gratuité des TPU, vus sous l'angle particulier de l'entreprise de TPU.

A. LES DESAVANTAGES DE LA GRATUITE DES TPU.

- 1). L'accroissement des coûts de l'entreprise par suite de la hausse de la demande de TPU.

La hausse de la demande de TPU (1) est une des premières conséquences prévisibles - et espérées - de la mise en place d'un système de TPU gratuits.

Quels que soient les agents à l'origine de cette demande supplémentaire, - utilisateurs de transports privés, usagers des TPU ou non utilisateurs des transports privés et publics -, l'entreprise de TPU se verra sans doute dans l'obligation d'accroître sa capacité de production, ce qui implique qu'elle devra faire face à des coûts plus élevés.

L'importance de cet accroissement des coûts - fonction du niveau de capacité existant, du degré d'utilisation de la capacité et enfin du degré de hausse de la demande - est, bien entendu, à comparer avec les gains monétaires réalisables grâce à la gratuité des TPU (voir infra, point B.)

- 2). La perte d'efficience dans la gestion de l'entreprise de TPU.

Les adversaires des TPU gratuits prétendent que la totale dépendance par rapport aux subsides - les recettes devant nécessairement être remplacées par un système de subsides - n'incitera plus guère les dirigeants des entreprises de TPU à l'efficience et à la rationalité (cfr supra p. II- 16)

Cet argument correspond parfaitement à ce que nous avons retiré des entretiens avec des responsables de la W.M.P.T. & S.T.I.B.

(1) cfr pages II- 9 et suivantes entre autres

Malgré l'importance que ses responsables semblent accorder à un tel élément, il leur est très difficile, sinon impossible, d'en arriver à une quelconque quantification qui est rendue d'autant moins aisée que la perte d'efficacité envisagée ici est une perte à long terme.

3). La baisse de la qualité de service et la détérioration de l'image des TPU

Un premier élément pourrait expliquer la baisse éventuelle de la qualité du service de transport : la hausse de la demande peut provoquer une élévation du degré d'encombrement interne aux TPU eux-mêmes et, par là, diminuer la qualité du service.

Ceci n'est cependant valable que dans le cas où la hausse de demande n'est pas entièrement absorbée par une hausse parallèle de la capacité.

Dans l'exemple cité (cfr supra, p.II- 10 & suivantes) précédemment, l'on peut, à notre avis, raisonnablement supposer que les véhicules supplémentaires, mis en circulation par la S.T.I.B. n'ont pas permis d'absorber la demande dans des conditions aussi "favorables" qu'auparavant.

Un second élément ^{nous} a été fourni par un responsable de la S.T.I.B. Cette société attache apparemment une grande importance aux avis des usagers des TPU en tâchant, dans la mesure du possible, de satisfaire à leurs exigences.

Dans l'hypothèse de TPU gratuits, l'usage abusif probable des TPU - (cfr supra, p. II- 12 M.KEMP et p.II- 17 R.GUTNECHT) - c'est-à-dire l'usage des TPU dans des quantités déraisonnables ou pour des motifs futiles - incitera, semble-t-il, les dirigeants de la S.T.I.B. à accorder un poids moindre aux souhaits des usagers des TPU et, de ce fait, la qualité du service fourni pourrait bien se retrouver inférieure à son niveau actuel.

Citons pour en terminer avec cet aspect qualitatif, l'argument de R.GUTNECHT (cfr p.II-17) selon lequel il nous faut nous attendre à une détérioration de l'image des TPU causée par la gratuité des TPU en elle-même.

B. LES AVANTAGES DE LA GRATUITE DES T.P.U.

1). Les gains de personnel

L'instauration de la gratuité des TPU dispense l'entreprise d'utiliser deux agents dans chaque véhicule.

Dans le cadre de la ville de ROME, par exemple, la plupart des véhicules de TPU sont à deux agents (two men operated - T.M.O.) et la poursuite d'une politique de tarifs nuls, dans ce cas, aurait permis un gain substantiel par le passage aux véhicules à un agent (1) (one man operated - O.M.O.)

L'importance de ce gain, rendu possible par la suppression de la nécessité de récolter les recettes, est fonction du nombre de véhicules T.M.O.

Signalons que nombreuses sont les entreprises de TPU qui, progressivement, s'orientent vers un système O.M.O., ce qui diminue les gains réalisables - gains en termes de salaires distribués - du fait de la gratuité des TPU.

2). Coûts de perception et coûts de contrôle.

Les coûts de perception représentent, d'une part, des salaires mais aussi des frais de matériel et d'équipement qu'il faut supporter pour assurer la récolte des recettes.

La suppression pure et simple de ces coûts, rendue possible par la gratuité des TPU, est à coup sûr, un élément à prendre en considération dans une analyse coûts-bénéfices.

Un autre poste est également à effacer dans le bilan de l'entreprise si les transports sont rendus gratuits.

En effet, dans une telle situation, les contrôles ne s'avèrent plus guère nécessaires et toutes les dépenses indispensables pour effectuer ces contrôles - personnel et matériel - sont automatiquement supprimées.

3). Accroissement de la vitesse commerciale

La disparition de la nécessité de récolter les recettes touche un autre aspect important de l'exploitation d'un réseau de TPU dans la mesure où elle permet d'élever la vitesse commerciale.

(1) : Ceci, bien sûr, sans tenir aucun compte des questions de licenciement et reclassement du personnel.

Celle-ci est, en effet, fonction, non seulement du type de véhicule utilisé et du degré d'encombrement de la circulation, mais aussi de la durée des temps d'arrêt.

Ces derniers seront assurément réduits dans l'hypothèse de TPU gratuits.

L'objectivité nous pousse cependant à constater que la gratuité des TPU n'est pas le seul moyen permettant de réaliser une réduction de la durée des temps d'arrêt.

La récolte des recettes effectuée non à l'entrée mais dans le véhicule lui-même et durant le parcours (cfr système des autobus anglais) permet de réaliser le même gain de temps sans toutefois permettre le passage aux bus O.M.O.

Notons cependant que l'importance de la vitesse en tant que déterminant de la demande de transport n'est pas universellement reconnue.

H.J.BAUM -en effet- classait la vitesse en premier lieu (cfr p.II-13) tandis que pour D.A.QUARMBY elle ne constituait assurément pas le déterminant principal (cfr p.II- 8).

++++ +++++

Nous avons, dans ces dernières pages, énuméré quelques uns des avantages et désavantages de la politique de gratuité des TPU pour l'entreprise fournissant les services de transport.

Il faudrait recourir à une analyse coûts-bénéfices détaillée et adaptée à l'entreprise considérée pour se faire une idée du résultat net.

++++ +++++

CONCLUSION

II.- 3D

Nous avons pû constater dans la seconde partie de ce mémoire que les arguments avancés en faveur de la gratuité des TPU étaient fortement contestés.

A l'appui de la thèse opposée à la gratuité, on peut assurément faire état des résultats des expériences réalisées à ROME, ATLANTA ou ailleurs. Quoique ces expériences ne couvrant pas des périodes très longues - à ROME, par exemple, cela a empêché d'obtenir les "bénéfices" des tarifs nuls qui ne sont possibles qu'à long terme - elles nous fournissent des indications sur ce que l'on peut objectivement espérer d'une telle politique.

Le point de vue de l'entreprise de TPU, développé dans le dernier chapitre, nous indique qu'il y a lieu également d'être prudent quant à l'évaluation du coût de la politique de TPU gratuits.

Les gains de cette politique (par exemple suppression des coûts de perception et de contrôle) sont à mettre en parallèle avec des désavantages parfois difficilement quantifiables (par exemple la baisse d'efficacité dans la gestion).

La mesure extrême que nous avons envisagée dans la seconde partie, nous l'abandonnerons provisoirement pour déterminer, dans la troisième partie, ce que doit être la politique tarifaire optimale dans les TPU.

Et, ensuite, sur base de cette approche théorique et de la situation des TPU à Bruxelles, nous verrons, dans la quatrième partie si, oui ou non, la politique de gratuité des TPU est nécessairement vouée à l'échec à Bruxelles.

BIBLIOGRAPHIE : Deuxième Partie

/12/ - BAUM H.J.

" Free Public Transport"
in *Journal of Transport Economics and Policy*
Jan. 1973 - p.1-17

/13/ - PEESLEY M.E.

" The value of time spent in travelling : some
" new evidence".
in *Economica* - mai 1965 - p.174 à 185

/2/ - DOMENCICH T.A., KRAFT G. (Charles River Associates Incorporated)

" Free Transit"
Heath Lexington Books
D.C. Heath & Company
LEXINGTON - MASSACHUSETTS

/14/ - GUTNECHT R.

" Alternative fares systems"
in *Public transport fares symposium*
held at the Transport and Road Research Laboratory
(28-30 November 1973)
CROWTHORNE - BERKSHIRE, U.K.

/15/ - KEMP M.

" Reduced fares and fare-free urban transit services - some
" cases studies."
in "Public Transport fares symposium"
held at the Transport and Road Research Laboratory (28-30 Novem-
ber 1973)
CROWTHORNE - BERKSHIRE, U.K.

/16/ - MOSES L.N., WILLIAMSON H.F. Jr.

" Value of time, choice of mode and the subsidy issue in urban
" transportation".
in *Journal of Political Economics* - 1963 vol.71, p.247 à 264.

/8/ - QUARBY D.A.

" Choice of travel mode for the journey to work"
in *Journal of Transport Economics and Policy* vol.1, n°3, 1967.

/17/- TANNER J.C., LYNAM D.A.

" Benefits of reduced fares in London from the Cristal Model"
in "Public Transport fares symposium"
held at the Transport and Road Research Laboratory (28-30 November
1973) - CROUTHORNE - BERKSHIRE - U.K.

/18/- WEBSTER E.V., OLDFIELD R.H.

" Estimated effects of reduced fares in central London using a sin-
gle link model".
in " Public transport fares symposium"
held at the Transport and Road Research Laboratory
(28-30 November 1973)
CROUTHORNE - BERKSHIRE, U.K.

TROISIEME PARTIE .
-----LA DETERMINATION DE LA TARIFICATION OPTIMALE DES MODES DE
TRANSPORT AU MOYEN D'UN MODELE THEORIQUE

Pour la construction du modèle présenté dans la troisième partie, nous nous sommes inspirés de deux articles écrits l'un par R.E.PARK /20/ et l'autre par M.MARCHAND /19/.

Le but de ce modèle est de déterminer la tarification optimale du point de vue welfare à appliquer dans les modes de transport privé et public.

Ce type d'approche a comme avantage de mettre en évidence la politique optimale à appliquer dans un mode lorsque, pour une raison quelconque, on se refuse d'intervenir dans l'autre. Ceci nous permettra, par exemple, de préciser la politique que l'entreprise de TPU devrait suivre en théorie s'il n'y avait pas d'intervention particulière dans les transports privés.

Pour ce faire, nous ajouterons au modèle de base la contrainte de non intervention dans l'un ou l'autre mode. Ensuite nous fixerons un plafond arbitraire à l'intervention financière de l'Etat dans les TPU car, comme nous le verrons, la politique optimale peut parfois consister non à taxer mais bien à subsidier un mode de transport.

Cette démarche est purement théorique et en cela elle diffère des études présentées dans le chapitre 1. de la deuxième partie. En effet, les auteurs cités dans ce chapitre ont estimé leurs modèles sur la base de données relatives au transport dans une ville particulière.

Dans notre cas, nous ne possédons pas suffisamment d'informations que pour nous permettre de franchir le pas conduisant à l'estimation du modèle.

Dans la quatrième partie, toutefois, nous tenterons de donner un aperçu de la situation à BRUXELLES en faisant le parallèle avec le modèle de la troisième partie.

.../...

1. DEFINITION des VARIABLES & RELATIONS de BASE

1.1. VARIABLES

U = utilité collective

V = nombre de personnes transportées

t = coût du transport.
C'est le coût moyen pour le producteur

V et t peuvent se rapporter respectivement au mode de transport public (V_1 et t_1) et au mode de transport privé (V_2 et t_2).

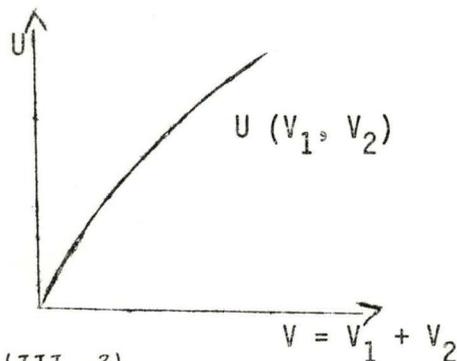
1.2. RELATIONS de BASE

$$1.2.1. U = U (V_1, V_2) \text{ avec } \frac{\delta U}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_2} > 0$$

$$\text{et } \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} < 0$$

L'utilité collective n'est supposée dépendre que du nombre de personnes transportées (1).

Les dérivées premières de cette fonction d'utilité sont positives et les dérivées secondes négatives, soit graphiquement :



(1) : cfr note page suivante (III.-3)

Dans un but de simplification, nous supposons que les agents demandeurs de transport forment une classe homogène.

L'utilité marginale sociale est donc identique quel que soit l'agent qui vient s'ajouter au trafic existant.

$$1.2.2. \quad t_1 = C_1 (V_1) \quad \frac{dc_1}{dv_1} > 0 ; \frac{d^2 c_1}{d v_1^2} > 0$$

$$t_2 = C_2 (V_2) \quad \frac{dc_2}{dv_2} > 0 ; \frac{d^2 c_2}{d v_2^2} > 0$$

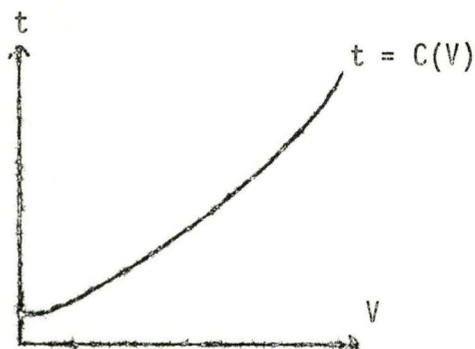
(1) L'égalité des deux dérivées premières et des trois dérivées secondes n'est pas indispensable mais nous l'avons utilisée pour faciliter les calculs.

Ces deux relations représentent le second volet du modèle à savoir le volet "coûts".

Les équations mentionnées ci-dessus indiquent que le coût d'un mode n'est fonction que du nombre de personnes utilisant ce mode.

C'est donc le cas simple où il n'existe pas d'interaction entre le mode 1 et le mode 2 (comme c'est le cas pour les TPU en site propre par exemple.)

Graphiquement :



1.2.3. Toutes les fonctions considérées sont supposées continues et dérivables au second degré.

2. Le modèle d'intervention optimale : le cas simple sans interaction (1)

Pour obtenir les conditions de l'optimum collectif, nous maximiserons l'utilité sociale diminuée des coûts sociaux.

$$\text{Soit } \max_{V_1, V_2} L = U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1) - V_2 \cdot C_2(V_2)$$

2.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\partial L}{\partial V_1} = \frac{\partial U}{\partial V_1} - C_1 - V_1 \cdot \frac{dC_1}{dV_1} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial V_2} = \frac{\partial U}{\partial V_2} - C_2 - V_2 \cdot \frac{dC_2}{dV_2} = 0$$

L'optimum sera donc atteint lorsque l'utilité marginale sociale sera égale au coût marginal social ($U_{ms} = C_{ms}$), c'est-à-dire lorsque $\frac{\partial U}{\partial V_1}$ sera égal à $C_1 + V_1 \cdot \frac{dC_1}{dV_1}$ - et $\frac{\partial U}{\partial V_2}$ à $C_2 + V_2 \cdot \frac{dC_2}{dV_2}$

(1) : les cas d'interaction sont repris dans l'annexe **III IV**

2.2. C_1 et C_2 étant les prix à payer s'il n'y a pas d'intervention, l'optimum sera atteint si l'on impose aux utilisateurs des TPU une taxe égale à $V_1 \cdot \frac{dC_1}{dV_1}$ ($= \pi_1^*$) et aux usagers des transports privés

une taxe égale à $V_2 \cdot \frac{dC_2}{dV_2}$ ($= \pi_2^*$).

3. Les cas de "second best"

La question que nous envisagerons dans ce troisième point est celle de savoir quelles sont les modifications à apporter aux solutions optimales si l'on rajoute des contraintes au modèle de base.

3.1. Contrainte de non intervention dans le mode de transport public.

Autrement dit, on impose $\pi_1 = 0$,

c'est-à-dire : $\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 = 0$ (cfr 2.1.)

$$\text{Max}_{V_1, V_2} L = U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1) - V_2 \cdot C_2(V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1(V_1) \right)$$

3.1.1. Conditions de premier ordre :

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \cdot \frac{dC_1}{dV_1} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \cdot \frac{dC_2}{dV_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 = 0 \quad (3)$$

3.1.2.

$$a) Ums_1 - Cms_1 = \frac{\delta U}{\delta V_1} - (C_1 + V_1 \frac{dC_1}{dV_1}) = -V_1 \cdot \frac{dC_1}{dV_1} < 0$$

En effet, l'équation (3) impose $\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 = 0$

L'utilité marginale sociale est inférieure au coût marginal social dans le mode 1, ce qui signifie qu'il y a surutilisation du mode 1.

En effet, pour revenir à l'égalité entre Ums_1 et Cms_1 , il faut accroître Ums_1 et diminuer Cms_1 , ce qui ne peut se faire qu'en réduisant V_1 .

De ce fait, le cas de second best est caractérisé par un trop grand nombre de voyageurs dans le mode 1.

$$\text{De plus, comme } Ums_1 - Cms_1 = \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right)$$

il vient que $\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right)$ est nécessairement < 0

$$\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} \text{ étant } < 0 \text{ et } \frac{dC_1}{dV_1} > 0, \lambda \text{ est } > 0$$

$$b) Ums_2 - Cms_2 = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \cdot \frac{dC_2}{dV_2} = \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$$

$$\text{Et, comme } \lambda \text{ est } > 0, \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \text{ est } < 0$$

et $Ums_2 - Cms_2$ est < 0

On a donc une surutilisation du mode 2.

$$c) \frac{Ums_1 - Cms_1}{Ums_2 - Cms_2} = \frac{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right)}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right)} = 1 - \frac{\frac{dC_1}{dV_1}}{\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}} > 1$$

$$\text{en effet, } \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \text{ (cfr 1.2.1.)}$$

Ce résultat nous indique donc que la surutilisation est plus élevée dans le mode 1 (c'est-à-dire celui dans lequel on ne peut intervenir) que dans le mode 2.)

$$d) \pi_2 = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = V_2 \cdot \frac{d C_2}{d V_2} + \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$$

Cette taxe est inférieure à la taxe que l'on impose dans la situation optimale sans contrainte car

$$\pi_2^* = V_2 \frac{d C_2}{d V_2}$$

La justification de cette tarification de second best réside dans le fait que l'on préférera une surutilisation dans le mode 2. (car elle permettra d'absorber une partie de la demande excédentaire pour le mode 1.) à une utilisation optimale du mode 2 avec une surutilisation très élevée dans le mode 1.

3.2. Contrainte de non intervention dans le mode de transport privé

Autrement dit, on impose

$$\pi_2 = 0 \text{ c'est-à-dire } \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = 0 \text{ (cfr 2.1.)}$$

$$\text{Max}_{V_1, V_2} L = U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1) - V_2 \cdot C_2(V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2(V_2) \right)$$

3.2.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{d C_1}{d V_1} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{d C_2}{d V_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{d C_2}{d V_2} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = 0 \quad (3)$$

3.2.2.

$$a) \text{Ums}_2 - \text{Cms}_2 = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{d C_2}{d V_2}$$

$$= - V_2 \frac{d C_2}{d V_2} < 0$$

En effet, l'équation (3) impose $\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = 0$

Donc $\text{Ums}_2 < \text{Cms}_2$, ce qui signifie qu'il y a surutilisation du mode 2.

$$\text{De plus, comme } \text{Ums}_2 - \text{Cms}_2 = \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{d C_2}{d V_2} \right)$$

Il vient que $\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{d C_2}{d V_2} \right)$ est nécessairement < 0

et, $\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2}$ étant < 0 et $\frac{d C_2}{d V_2} > 0$, $\lambda > 0$

$$b) \quad Ums_1 - Cms_1 = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{d C_1}{d V_1} = \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1}$$

ET COMME

$$\lambda \text{ EST } > 0, \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} \text{ EST } < 0 \text{ ET}$$

$$Ums_1 - Cms_1 < 0$$

On a donc surutilisation du mode 1.

$$c) \quad \frac{Ums_1 - Cms_1}{Ums_2 - Cms_2} = \frac{\lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1}}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{d C_2}{d V_2} \right)} < 1$$

EN EFFET :

$$\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} \quad (\text{CFR 1.2.1.})$$

La surutilisation est donc plus élevée dans le mode 2 (c'est-à-dire celui dans lequel on ne peut intervenir) que dans le mode 1.

d.1) Si les TPU sont tarifés à $C_1^{(1)}$ au départ, la taxe à imposer =

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \\ &= V_1 \frac{d C_1}{d V_1} + \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \end{aligned}$$

Cette taxe est inférieure à π_1^* (CFR 3.1.2.d) et elle peut être négative dans plusieurs cas.

α. si $V_1 = 0$: cas trivial

β. si $V_1 \frac{d C_1}{d V_1}$ est faible ^{faible} faible, c'est-à-dire si un utilisateur supplémentaire des TPU provoque un accroissement des coûts des TPU.

γ. si λ est grand, c'est-à-dire si un faible relâchement de la contrainte accroît fortement le niveau de l'objectif.

(1) : l'entreprise est donc en équilibre budgétaire car les recettes ($=V_1 \cdot C_1$) sont égales aux coûts ($=V_1 \cdot C_1$)

d.2) Si les TPU sont tarifés au $Cms_1^{(1)}$ au départ, la taxe à imposer :

$$\pi_1 = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} < 0$$

Dans ce cas donc, c'est un subside que l'on accordera aux TPU.

3.3. Contraintes : - α) non intervention dans le mode de transport privé
c.à.d. $\pi_2 = 0$

- β) π_1 est supposé négatif (subside)

- γ) le subside total accordé aux TPU ne peut dépasser un montant M.arbitraire

3.3.1. Les TPU sont tarifés au départ à C_1 .

Le producteur des services de TPU est donc en équilibre budgétaire

[RECVTTES (= $V_1 \cdot C_1$) = COVTS ($V_1 \cdot C_1$)]

$$\text{MAX}_{V_1, V_2} L = U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1) - V_2 \cdot C_2(V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2(V_2) \right) - \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1(V_1) \right) V_1 - M \right]$$

3.3.1.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} - \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right) \right] \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{dC_2}{dV_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) - \mu \left[-V_1 \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right] = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \mu} = - \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) V_1 - M \leq 0$$

(1) : L'entreprise réalise alors un profit car, le Cms_1 étant supérieur à C_1 , les recettes [= $V_1(C_1 + V_1 \frac{dC_1}{dV_1})$] sont plus élevées que les coûts (= $V_1 \cdot C_1$).

$$3.3.1.2. -a) Ums_2 - Cms_2 = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{dC_2}{dV_2}$$

$$= -V_2 \frac{dC_2}{dV_2} < 0 \text{ (CFR 3.2.2.a)}$$

On aura donc surutilisation du mode 2.

et $\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) + \mu \left(-V_1 \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right)$ est < 0

$$-b) Ums_1 - Cms_1 = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1}$$

Or, d'après la contrainte 3.3.β . $\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 < 0$

Ce qui implique que $Ums_1 - Cms_1$ est < 0
et on a donc surutilisation du mode 1.

De ce fait, $\lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right) \right] < 0$

$$-c) \frac{Ums_1 - Cms_1}{Ums_2 - Cms_2} = \frac{\lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right) \right]}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) + \mu \left(-V_1 \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right)}$$

Si $\mu = 0$ (contrainte de subsides maximum non serrée), alors

$$\frac{Ums_1 - Cms_1}{Ums_2 - Cms_2} < 1 \text{ (cfr 3.2.2.c.)}$$

Et la surutilisation est plus élevée dans le mode 2 que dans le mode 1.

SI $\mu > 0$ COMME $\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$,

ALORS
$$\frac{Ums_1 - Cms_1}{Ums_2 - Cms_2} = \frac{\lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu \left(-V_1 \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} \right) + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) + V_1 \frac{dC_1}{dV_1} \right]}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) + \mu \left(-V_1 \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right)}$$

$$\text{et comme } \left| \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} \right| < \left| \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) \right|$$

$$\frac{U_{ms_1} - C_{ms_1}}{U_{ms_2} - C_{ms_2}} < 1$$

Et la surutilisation est toujours plus élevée dans le mode 2 que dans le mode 1.

$$d.) \pi_1 = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 = V_1 \frac{dC_1}{dV_1} + \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right) \right]$$

Si $\mu = 0$ (contrainte lâche) π_1 est identique à celui du modèle précédent (sans contrainte de subside maximum) (cfr 3.2.2.d.1.)

Si $\mu > 0$, le subside sera moins élevé car la contrainte de subside maximum est serrée.

Notons que plus M est petit, plus μ sera grand car dans ce cas, la contrainte est plus rapidement serrée, ce qui nous écarte encore plus de l'optimum atteint sans la contrainte de subside maximum.

Autrement dit, plus la collectivité est réticente à l'octroi d'un subside, plus l'on s'écarte de l'optimum atteint dans le modèle 3.2.

3.3.2. Les TPU sont tarifés, au départ, au C_{ms_1} .

Dans ce cas, le producteur des services de TPU réalise un profit car $C_{ms_1} > C_1$.

Deux types de contraintes sont alors possibles.

Soit le subside accordé aux TPU diminué du profit du producteur ne peut dépasser un montant arbitraire M (Fusion entreprise et Etat).

Soit le subside accordé aux TPU ne peut dépasser M .

1er cas : $\text{SUBSIDE} - \text{PROFIT} \leq M$.

La contrainte devient donc.

$$- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{d C_1}{d V_1} \right) V_1 - \left(V_1 (C_1 + V_1 \frac{d C_1}{d V_1}) - V_1 \cdot C_1 \right) \leq M$$

SUBSIDE
RECETTES
COUTS

PROFIT

D'où! $-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{d C_1}{d V_1} \right) V_1 - \left(V_1^2 \frac{d C_1}{d V_1} \right) \leq M$

CAD. $-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) V_1 \leq M$

Les résultats sont ceux du cas 3.3.1. sauf pour la détermination de π_1 .

En effet, ici, $\pi_1 = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{d C_1}{d V_1}$

$$= \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{d C_1}{d V_1} \right) \right]$$

Dans ce cas-ci, l'entreprise redistribue son profit et le prix à payer redevient C_1 et un subside supplémentaire est octroyé ce qui fait passer le prix à payer à un niveau inférieur à C_1 .

Le subside total octroyé aux usagers des TPU est donc plus élevé que celui que l'on distribue dans le cas d'une tarification des TPU à C_1 .

En effet, π_1 ici est supérieur au π_1 du cas 3.3.1. (cfr 3.3.1.2.d.)

2ième cas : la contrainte devient : $-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1}\right) V_1 \leq M$

$$\text{MAX}_{V_1, V_2} L = U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1) - V_2 \cdot C_2(V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 \right) - \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} \right) V_1 - M \right]$$

α. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} - \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} - V_1 \frac{d^2 C_1}{dV_1^2} \right) \right] = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{dC_2}{dV_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) - \mu \left[-V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right) \right] = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \mu} = -\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} \right) V_1 - M \leq 0$$

$$\begin{aligned} \beta. \text{Ums}_2 - \text{Cms}_2 &= \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{dC_2}{dV_2} \\ &= -V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} < 0 \end{aligned}$$

Surutilisation du mode 2.

$$\text{Donc } \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) + \mu \left(-V_1 \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right) < 0$$

γ. $\text{Ums}_1 - \text{Cms}_1$ nécessairement < 0 car par hypothèse π_1 est < 0 et, dans le cas où les TPÜ sont tarifés au Cms_1 , $\pi_1 = \text{Ums}_1 - \text{Cms}_1$.

Ceci implique donc que :

$$\lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} - V_1 \frac{d^2 C_1}{dV_1^2} \right) \right] < 0$$

$$\delta. \frac{Ums_1 - Cms_1}{Ums_2 - Cms_2} = \frac{\lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} - V_1 \frac{d^2 C_1}{dV_1^2} \right) \right]}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{dC_2}{dV_2} \right) + \mu \left(-V_1 \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right)}$$

< 1 SI $\mu = 0$ (contrainte non serrée)

et toujours < 1 SI $\mu > 0$ (contrainte serrée)

$$\pi_1 = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} = \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} + \mu \left[-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{dC_1}{dV_1} \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} - V_1 \frac{d^2 C_1}{dV_1^2} \right) \right]$$

A nouveau, plus la collectivité sera réticente à l'octroi d'un subside aux TPU, plus μ sera élevé et plus π_1 sera faible.

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS

	$UMS_1 - CMS_1$	$UMS_2 - CMS_2$	$\frac{UMS_1 - CMS_1}{UMS_2 - CMS_2}$	π_1	π_2
2. Intervention optimale	0	0	-	$V_1 \cdot \frac{dC_1}{dV_1}$	$V_2 \cdot \frac{dC_2}{dV_2}$
3. "Second best"					$\frac{dC_2}{dv_2} + \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$
3.1. $\pi_1 = 0$	< 0	< 0	> 1		
3.2. $\pi_2 = 0$	< 0	< 0	< 1	$V_1 \frac{dC_1}{dV_1} + \lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$ si TPU tarifés à C_1 $\lambda \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$ si les TPU tarifés à Cms_1	
3.3. $\pi_2 = 0; \pi_1 < 0$ subside < M					
3.3.1. TPU tarifés à C_1	< 0	< 0	< 1	$V_1 \frac{dC_1}{dV_1} + \frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu [-(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1) - V_1 (\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 dV_1})]$	
3.3.2. TPU tarifés au Cms_1 . 1er cas : subside - profit $\leq M$	< 0	< 0	< 1	$\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu [-(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1) - V_1 (\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1})]$	
2ième cas : Subside $\leq M$	< 0	< 0	< 1	$\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} + \mu [-(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - v_1 \frac{dC_1}{dV_1}) - v_1 (\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} - v_1 \frac{\delta^2 C_1}{\delta V_1^2})]$	

4. CONCLUSIONS DU MODELE ⁽¹⁾

Le modèle que nous avons présenté, quoique partiel (il ne considère en effet pas les biens et services autres que le transport) et reposant sur des hypothèses fort restrictives, nous permet de tirer quelques conclusions intéressantes, pour éclairer le choix d'une politique en matière de transport.

- 4.1. Si l'on envisage le cas simple de maximisation de l'utilité collective diminuée des coûts totaux - sans rajouter aucune contrainte - l'optimum collectif (maximum de welfare) est atteint lorsque le voyageur paie non le coût qu'il ressent directement lui-même (C_1 ou C_2) mais bien le coût marginal social (Cms_1 ou Cms_2).

L'optimum optimum de ce modèle est donc réalisé par la tarification au coût marginal social dans les deux modes de transport. (cfr 2.)

- 4.2. Lorsque l'on ne peut intervenir que dans un des deux modes ($\pi_1 = 0$ ou $\pi_2 = 0$) (cfr 3.1. et 3.2.), la tarification optimale de ce mode sera inférieure à celle qui caractérise l'optimum sans contrainte. La collectivité préfère en effet une légère surutilisation du mode dans lequel on peut intervenir car cette solution permet d'éviter une trop forte surutilisation du mode dans lequel on n'intervient pas.
- 4.3. Lorsque l'on ne peut pas intervenir dans le mode de transport privé ($\pi_2 = 0$; cfr 3.2.), le prix à payer dans les TPU sera toujours inférieur au Cms_1 (cfr 3.2.2.d.2.) et, dans certains cas, inférieur au coût moyen (c_1) (cfr 3.2.2.d.1.).

On pourrait également imaginer le cas où π_2 est négatif quant $\pi_1 = 0$. Toutefois, nous n'avons pas envisagé cette hypothèse car pour que π_2 soit négatif, il faut, soit que λ soit grand, soit que $\frac{dC_2}{dV_2}$ soit petit, alors que pour π_1 négatif, il faut que

$\frac{dC_1}{dV_1}$ soit petit ou comme dans le premier cas que λ soit grand.

Il est difficile, à priori, de se faire une idée de la valeur de λ dans le cas où $\pi_1 = 0$ tout comme dans le cas où $\pi_2 = 0$. Toutefois, en ce qui concerne les dérivées de C_1 et de C_2 , on peut aisément admettre que $\frac{dC_1}{dV_1}$ est plus élevé que $\frac{dC_2}{dV_2}$.

(1) : Les conclusions ne varient guère si l'on admet qu'il y a interaction entre les modes

$$t_1 = C_1(v_1, v_2) \text{ et } t_2 = C_2(v_1, v_2) \text{ - cfr annexe IIIIV}$$

En effet, un utilisateur supplémentaire des transports privés signifie pratiquement une voiture de plus (ce n'est pas le cas dans les TPU, si la capacité n'est pas pleinement utilisée) et l'effet sur l'encombrement du trafic est assurément plus élevé dans le cas d'une hausse du nombre d'utilisateurs des transports privés que dans le cas d'une hausse du nombre d'usagers des TPU.

- 4.4. Lorsque l'on rajoute une contrainte qui empêche le subside total accordé aux TPU de dépasser un plafond arbitraire (M), l'on peut dire que si la contrainte est non serrée ($\mu = 0$), le subside accordé (π_1) ne variera guère, tandis que si la contrainte est serrée ($\mu > 0$) le subside individuel sera inférieur à celui que l'on accorderait sans cette contrainte.

La conséquence immédiate sera que la surutilisation des TPU sera moins élevée et que de ce fait, elle ne permettra plus d'absorber une aussi grande partie de l'excès de demande dans les transports privés.

L'introduction d'une contrainte limitant le subside aux TPU permet en plus une interprétation du lagrangien (μ) associé à cette contrainte.

L'on s'écartera en effet d'autant plus de l'optimum que M sera petit c'est-à-dire d'autant plus que μ sera élevé.

μ représente, en fait, le coût marginal exprimé en termes de la fonction objectif, engendré par un faible resserrement de la contrainte.

μ donne donc une indication de la "valeur" que la collectivité associe à l'octroi d'un subside.

- 4.5. Que l'on impose $\pi_1 = 0$ ou $\pi_2 = 0$, l'optimum que l'on atteint n'est qu'un "second best".
En effet, dans chacun de ces cas, l'on assiste à une surutilisation des modes de transport.

- 4.6. Tel qu'il est écrit, le modèle se prête peu à une vérification empirique.
Une telle vérification sera pourtant facilitée si l'on remplace la fonction d'utilité par l'intégrale de la fonction de demande de transport.

Dans ce cas, V est supposé être une fonction D de C ($V = D(C)$).
Pour faciliter le traitement, l'on utilisera la fonction inverse

soit $C = D^{-1}(V)$ ou $C = D(V)$.

La fonction à maximiser devient alors :

$$\int_0^{V_1} V_2 D(V) dV - V_1 \cdot C_1(V_1) - V_2 \cdot C_2(V_2)$$

Les résultats sont entièrement parallèles à ceux que nous avons obtenus avec la fonction $U = U(V_1, V_2)$.

L'explication graphique du modèle (cfr 5) se fera en utilisant cette fonction de demande.

5. Explicitation graphique du modèle ⁽²⁾

Les graphiques que nous présentons dans ce point 5., ont pour but de visualiser les effets de la politique de Road Pricing dans les transports privés, et de la politique de baisse de prix dans les TPU.

Les graphiques découlent du modèle que nous avons présenté dans les pages précédentes, mais nous avons remplacé la fonction d'utilité par l'intégrale de la fonction de demande de transport (cfr 4.6.)

Dans un but de simplification, nous utiliserons des fonctions linéaires (1).

Les demandeurs de transport ont donc le choix entre deux modes (public et privé) et ces agents sont supposés rationnels car ils se répartissent entre les modes de manière à égaliser les coûts de ces modes.

Les coûts considérés au départ de l'analyse (C_1 et C_2) sont les coûts ressentis par les demandeurs de transport au fur et à mesure que le nombre de voyageurs augmente. Ces coûts sont en fait les coûts moyens pour le producteur du service de transport.

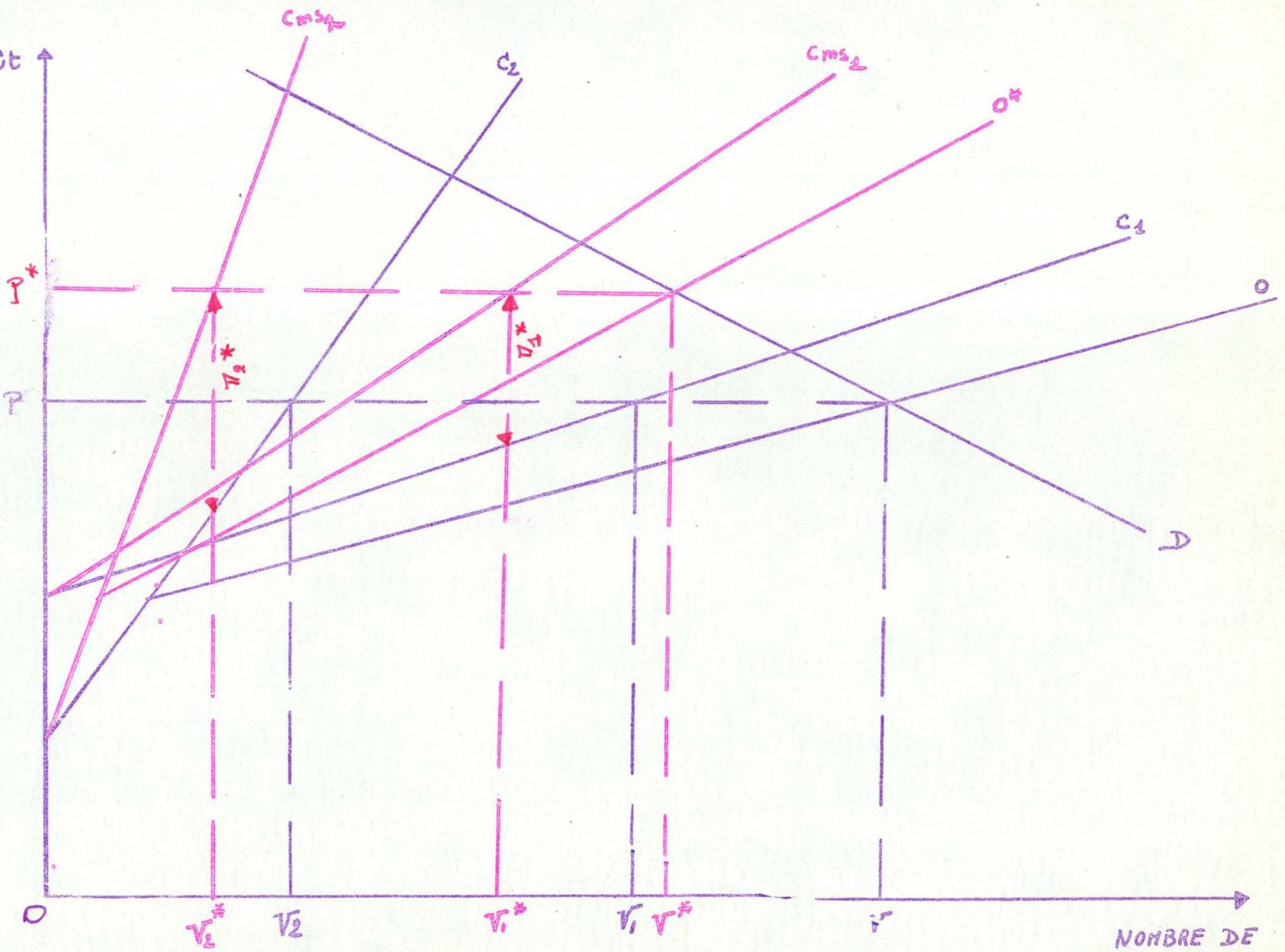
O , somme horizontale des coûts, représente en fait la clé de répartition de la demande entre les modes.

D , est la fonction de demande de transport, et elle est supposée ne dépendre que du coût du transport.

(1) : assurément l'hypothèse de linéarité pour les fonctions de coûts et de demande est fort restrictive et loin de correspondre à la réalité.
 Un usager supplémentaire dans l'un ou l'autre mode, par exemple, est supposé avoir toujours la même influence sur la fonction de coût, quelque que soit le volume du trafic auquel il vient se joindre.
 Cette hypothèse de linéarité n'a cependant pas été faite pour le modèle mathématique lui-même et n'est utilisée ici que dans un but de simplification graphique.

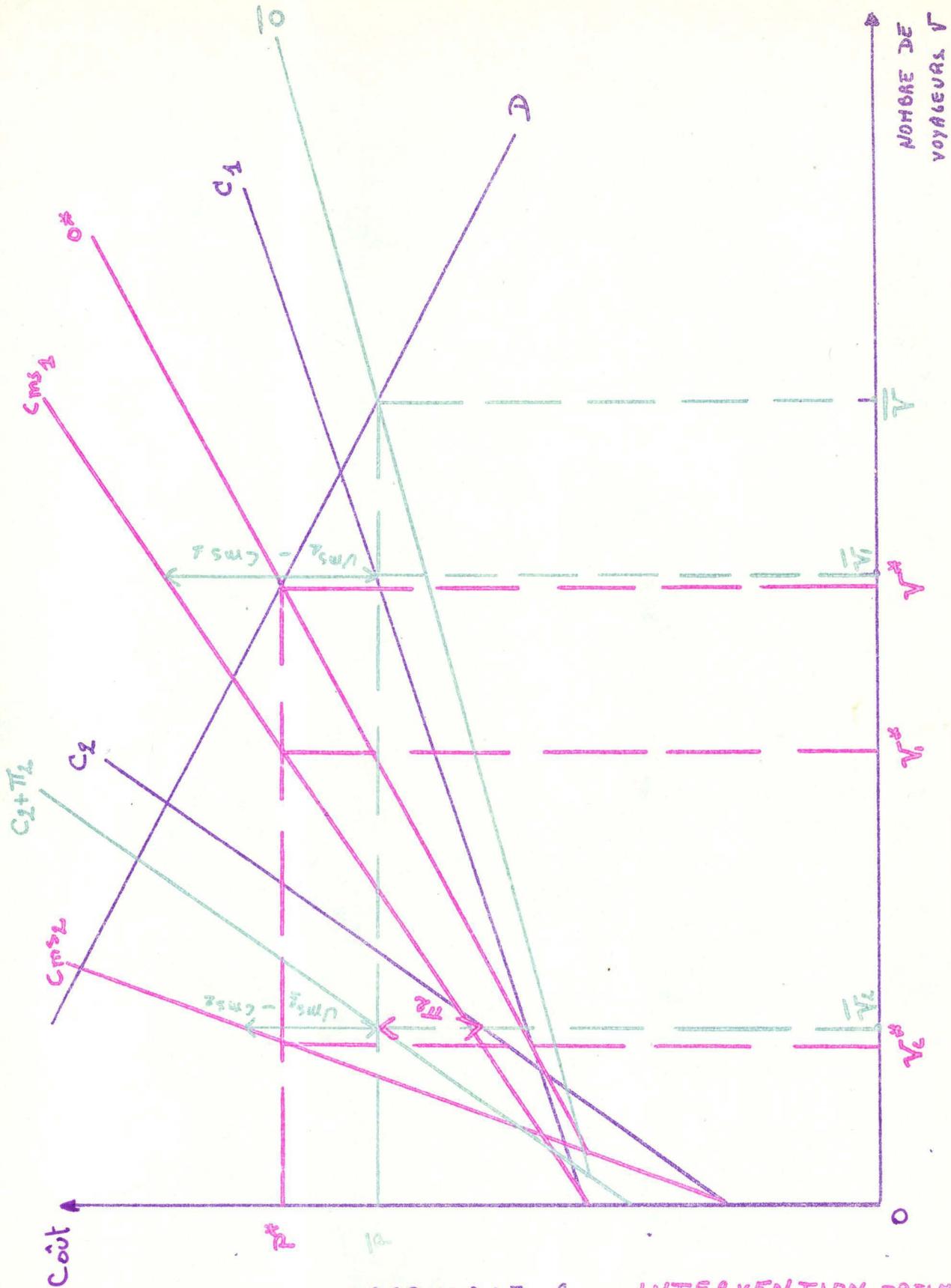
(2) Cette représentation s'inspire de MARCHAND /19/

OMBRE DE VOYAGEURS V



GRAPHIQUE 1 - NON INTERVENTION

- INTERVENTION OPTIMALE
DANS LES DEUX MODES



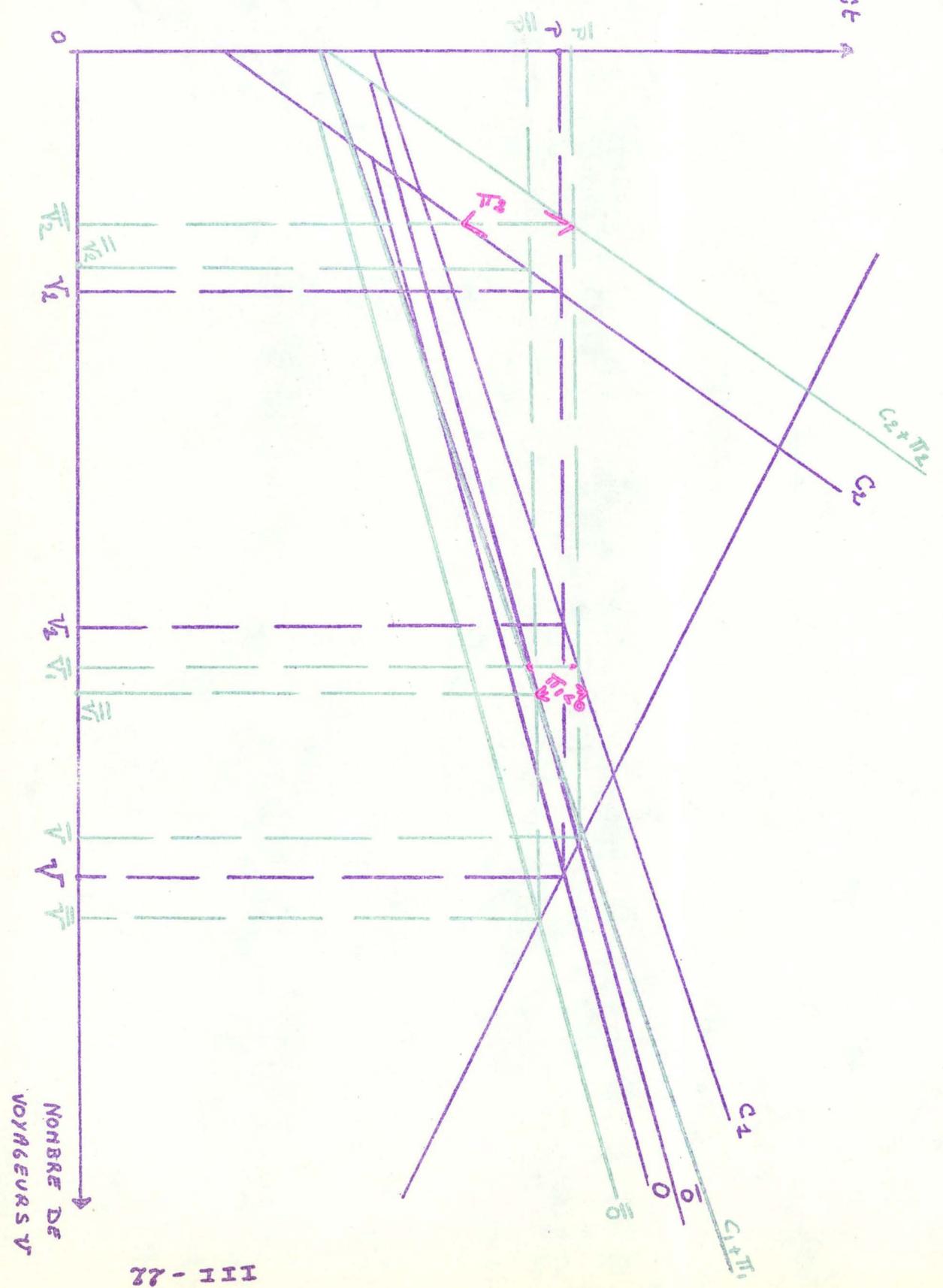
GRAPHIQUE 2 - INTERVENTION OPTIMALE
DANS LES DEUX MODES

- SECOND BEST

$T_1 = 0$

$\pi_1 = 0, \pi_2 = 0$ (0)
 - SECOND BEST
 (0)

GRAPHIQUE 4 - NON INTERVENTION



5.1. Graphique 1. :-La non intervention et l'intervention optimale-

5.1.1. La situation de départ est caractérisée par le point d'équilibre entre O . (somme horizontale de C_1 et C_2) et D .

C'est l'équilibre sans intervention.

Le niveau de la demande totale est OV .

Pour les transports privés, on a OV_2 .

Pour les TPU, on a OV_1 .

Le prix d'équilibre sans intervention est P .

$$O.V_1 + O.V_2 = OV.$$

5.1.2. On peut obtenir une meilleure répartition du point de vue welfare en imposant des taxes (π_1^* ET π_2^*) aux deux modes de transport. (cfr 2.2.).

Les droites Cms_1 et Cms_2 sont donc les nouveaux prix que les agents devront payer pour utiliser le mode 1 ou le mode 2.

Le nouveau point d'équilibre (optimum optimum) se situe à la rencontre de D avec O^* (somme horizontale de Cms_1 et Cms_2).

OV^* , OV_1^* et OV_2^* sont les niveaux de demande (globale, mode 1, mode 2) qui caractérisent cette situation optimale, et le nouveau prix d'équilibre est OP^* .

π_1^* ; π_2^* sont les deux taxes que les usagers des transports publics et privés devront payer en plus de C_1 et C_2 .

π_1^* & π_2^* sont calculés par la différence respectivement entre Ums_1 et C_1 , et entre Ums_2 et C_2 .

Ums_1 et Ums_2 (égaux dans le modèle) sont donnés par le point de la courbe de demande correspondant au nombre V^* de voyageurs.

L'optimum optimum est donc atteint lorsque $Ums_1 = Cms_1 = Cms_2 = Ums_2$.

5.2. Graphique 2.:

- La non intervention dans le mode 1 ($\pi_1 = 0$ et Road Pricing) et l'intervention optimale.-

Le graphique 2 explicite le premier cas de "second best" que nous avons envisagé (cfr 3.1.)

La taxe π_2 est celle qui caractérise l'optimum sous contrainte de non intervention dans le mode 1.

\bar{D} est la somme horizontale de C_1 et de $(C_2 + \pi_2)$.

Le point d'équilibre est situé à la rencontre de D avec \bar{D} et correspond aux volumes de demande

\bar{OV} , \bar{OV}_1 et \bar{OV}_2 .

Le prix d'équilibre est \bar{P} .

π_2 est positif mais inférieur à π_2^* (cfr 3.1.2.d.),

ce qui provoque une surutilisation du mode 2.

Le mode 1 est, lui aussi, surutilisé car $\pi_1 = 0$.

La surutilisation est, toutefois, plus élevée dans le mode 1 ($Ums_1 - Cms_1$) que dans le mode 2 ($Ums_2 - Cms_2$).

Cette surutilisation des deux modes de transport nous montre bien que l'on est dans une situation de "second best".

5.3. Graphique 3.:

- La non intervention dans le mode 2, c'est-à-dire $\pi_2 = 0$ (avec $\pi_1 < 0$; c'est-à-dire baisse de prix dans les TPU) et l'intervention optimale (cfr 3.2.).-

La taxe π_1 est celle qui caractérise l'optimum sous contrainte de non intervention dans le mode 2.

\bar{D} est la somme horizontale de $(C_1 + \pi_1)$ et de C_2

Le point d'équilibre est situé à la rencontre de \bar{D} avec D

et correspond aux volumes de demande \bar{OV} , \bar{OV}_1 et \bar{OV}_2 .

π_1 est supposé négatif et comme $\pi_2 = 0$, on assiste à une surutilisation dans les deux modes.

Cette surutilisation est plus élevée dans le mode 2 ($Ums_2 - Cms_2$) que dans le mode 1 ($Ums_1 - Cms_1$).

Une partie des utilisateurs du mode 2 a changé de mode, ce qui a accru le nombre de voyageurs du mode 1 ($\overline{OV}_1 - OV_1$) et une autre partie a cessé de voyager

$$[OV - \overline{OV} = (OV_2 - \overline{OV}_2) - (\overline{OV}_1 - OV_1)]$$

La perte nette de voyageurs dans les transports privés ($OV_2 - \overline{OV}_2$) diminuée de la hausse du nombre d'utilisateurs des TPU ($\overline{OV}_1 - OV_1$) est égale à la baisse de la demande globale ($OV - \overline{OV}$).

La demande globale a donc diminué par rapport au niveau qu'elle atteint s'il n'y a aucune intervention.(1)

5.4.3. Non intervention dans les transports privés ($\pi_2 = 0$) et baisse du prix des TPU ($\pi_1 < 0$)

Le point d'équilibre se situe à la rencontre de D et de $\overline{0}$ (somme horizontale de $(C_1 + \pi_1)$ et de C_2).

\overline{OV} , \overline{OV}_1 et \overline{OV}_2 sont les volumes de demande associés à cet optimum sous contrainte.

\overline{OV} est supérieur à OV

La demande globale a donc augmenté et ce, parce que, le prix des TPU ayant diminué la demande pour ce mode a augmenté.

D'autre part, une partie des utilisateurs des transports privés a changé de mode car le prix des transports privés est devenu relativement plus élevé à cause de la baisse de prix des TPU.

(1) : Cette illustration correspond parfaitement avec les graphiques sur la décongestion que nous avons présenté dans la première partie. En effet, l'effet "REVENU" correspond à la baisse de la demande pour le mode 2 due à la hausse du prix de ce mode.

$$[(OV_2 - \overline{OV}_2) - (\overline{OV}_1 - OV_1)] = OV - \overline{OV}$$

L'effet "SUBSTITUTION" correspond, lui, au mouvement de la demande du mode 2 vers le mode 1.

$$(\overline{OV}_1 - OV_1)$$

La hausse totale de la demande de TPU ($\overline{OV}_1 - OV_1$) diminuée de la baisse du nombre de voyageurs dans les transports privés ($OV_2 - \overline{OV}_2$), est égale à la hausse de la demande globale (1) ($OV - OV$).

5.4.4. Ce dernier graphique avait pour but de relier les résultats du modèle avec l'étude des effets des politiques de Road Pricing et de baisse du prix des TPU sur la congestion.

(cfr ^{partie I} chapitre 3., point A.)

+++++

Nous reconnaissons bien volontiers ne pas avoir envisagé toutes les voies de recherche que fournit le modèle.

La critique principale qu'à notre avis l'on peut adresser à une telle démarche réside dans le fait que la fonction de demande (ou la fonction d'utilité) et les fonctions de coûts sont loin d'être parfaitement définies.

Et de ce fait, les résultats du modèle ne correspondent pas à ce que l'on constate dans la réalité.

(cfr 4ième partie.)

En plus de cette première critique, on doit admettre que l'hypothèse de rationalité des demandeurs de transport faite dans le modèle est difficile à soutenir, mais, même dans un tel cas il faut en plus que l'information émanant du marché soit parfaite concernant les coûts associés à chaque volume de demande et pour chaque mode.

Ce modèle a cependant l'avantage de permettre un raisonnement à l'intérieur d'une structure moins complexe que la réalité car cette structure en est une simplification.

+++++

(1) : A nouveau, l'on peut faire le parallèle avec les graphiques de la première partie.

$$\text{Effet "REVENU"} : (\overline{OV}_1 - OV_1) - (OV_2 - \overline{OV}_2) = \overline{OV} - OV$$

$$\text{Effet "SUBSTITUTION"} : (OV_2 - \overline{OV}_2)$$

BIBLIOGRAPHIE : TROISIEME PARTIE

/19/ - MARCHAND M.

*"Péages optimaux sur les autoroutes dans une
économie imparfaitement concurrentielle."*

*Recherches économiques de Louvain - n°3- août 1969
p. 209 à 219*

/20/ - PARK R.E.

"Congestion tolls for regulated common carriers".

The Rand Corporation, Santa Monica, California.

QUATRIEME PARTIE :LA SITUATION DES TRANSPORTS PUBLICS URBAINS
(T.P.U.) à BRUXELLES

Nous diviserons cette dernière partie en cinq points.

Le premier d'entre eux sera consacré à une brève description de la politique tarifaire qui fût pratiquée à Bruxelles avant la création de la Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles (S.T.I.B.).

La période envisagée sera celle des années 1946 à 1953.

Dans un second point, nous décrirons le déséquilibre financier de la S.T.I.B. à l'heure actuelle, ce qui nous permettra alors dans le point 3. de faire un parallèle entre la politique tarifaire de la S.T.I.B. qui est à la base de ce déséquilibre financier, et la politique optimale à suivre par une entreprise de TPU dans le cas de non intervention dans le mode de transport privé (cfr partie 3.)

A la lumière des renseignements que nous possédons, et qui concernent la demande de transport à Bruxelles, nous verrons alors si la politique tarifaire de la S.T.I.B. s'est soldée par une réussite ou un échec.

Nous consacrerons enfin un dernier point au revirement de la tendance de la demande de T.P.U. et aux diverses mesures qui l'on provoqué. (de 1969 à 1973)

1. LA POLITIQUE TARIFAIRE de 1946 à 1953

Ce n'est qu'en 1954 que la S.T.I.B. a commencé l'exploitation du réseau de transport public à Bruxelles. Au lendemain de la guerre, en effet, l'exploitation avait été confiée au Comité Provisoire de Gestion des Transports Urbains de l'Agglomération Bruxelloise. (C.P.G.).

La politique tarifaire du C.P.G. de 1946 à 1953 était fort différente de celle que la S.T.I.B. pratique à l'heure actuelle et cette différence vaut la peine d'être soulignée.

Durant les huit années de gestion du réseau de transport de Bruxelles, le C.P.G. n'a jamais pu compter que sur ses propres recettes pour financer les dépenses.

C'est donc sans surprise que l'on peut lire dans le rapport présenté par le C.P.G. pour l'exercice 1953 que : *"Le C.P.G. s'est efforcé /.../ d'établir l'équilibre de ses recettes et de ses dépenses."*

Non seulement les dépenses furent couvertes par les recettes, mais en plus, le compte de pertes et profits du C.P.G. a accusé un solde bénéficiaire de 7.108.525 FB en 1953.

Ce profit a été réalisé bien que le Gouvernement ait décidé "la cristallisation des prix et, en particulier, des tarifs de tramways".

Ces renseignements semblent suffisants pour indiquer que la politique tarifaire du C.P.G. est loin de s'accorder avec le principe de tarification en dessous du coût moyen tel que nous l'avons dégagé du modèle théorique de la troisième partie.

2. LA SITUATION FINANCIERE de la S.T.I.B.

Lors de la création de la S.T.I.B., Monsieur SEGERS, alors Ministre des Communications, a, entre autres choses, précisé l'objectif que cette nouvelle société aurait à atteindre :

" Réaliser progressivement cette adaptation (sous-entendu :
 " adaptation aux exigences d'une exploitation moderne) sans
 " compromettre l'équilibre financier, voilà ce que sera la
 " tâche primordiale de la S.T.I.B."

A l'heure actuelle, il est difficile d'admettre que cet équilibre financier est l'objectif principal de la S.T.I.B. Nous possédons, en effet, des renseignements pour les années 1965 à 1973 qui montrent que la forte progression du poste "appointements, salaires et charges sociales" a assurément contribué à la hausse des dépenses totales de la S.T.I.B.

Dans le tableau IV.-1, pIV-17, on constate, en effet, que ces dépenses totales sont passées de 1.220.286.476 Frs en 1965 à 2.813.013.807 Frs en 1973, soit un accroissement de quelques 130% (1965 = 100%, 1973 = 230%) par rapport à 1965.

Du côté des recettes totales, le montant de 1973 ne représente que 110% du montant de 1965.

Le solde du compte d'exploitation (mali) a subi dès lors un accroissement très élevé (1965 = 100%, 1973 = 927 %).

La politique tarifaire pratiquée par la S.T.I.B. ne semble donc pas avoir comme but primordial ⁽¹⁾ l'équilibre budgétaire et, en cela, elle correspond à l'orientation que nous avons prise au début de ce mémoire et qui supposait que l'entreprise fournissant les services de transport ne pouvait pas ne considérer que son propre intérêt.

(1) : Nous avons cependant déjà mentionné le souci des responsables de la S.T.I.B. de ne pas trop accroître le déficit budgétaire.

Une des raisons invoquées étant le désir du maintien de l'efficacité dans la gestion. Cette efficacité: risque, en effet, de diminuer en cas de dépendance complète par rapport aux subsides de l'Etat.

3. PARALLELE ENTRE L'ACTUELLE POLITIQUE TARIFAIRE DE LA S.T.I.B. & LE MODELE THEORIQUE DE LA 3ième PARTIE.

Si l'on se base sur le modèle théorique présenté dans la 3ième partie, l'entreprise de TPU aura, dans certains cas, à pratiquer une politique de prix inférieur au coût moyen, ce qui implique l'octroi d'un subside par l'Etat.

Mais la politique tarifaire de la S.T.I.B. correspond-elle à cette proposition théorique ?

Nous avons déjà mentionné la très faible progression des recettes de la S.T.I.B. et deux éléments permettent, à notre avis, d'expliquer cette évolution.

D'une part, la demande de TPU a fortement baissé depuis 1960 (1960 = 100%, 1973 = 66.01%).⁽¹⁾

D'autre part, la S.T.I.B., au cours des dernières années, s'est fortement écartée pour la fixation des tarifs de ce que lui permettait le cahier des charges.

En effet, le "prix moyen perçu par voyage" ne représentait déjà en 1969 que 62% du prix moyen permis par le cahier des charges et en 1973, il ne représentait plus que 35%.

Mais que représente le prix moyen permis par le cahier des charges ?

En d'autres termes, quel type de tarification la S.T.I.B. pourrait-elle se permettre si elle suivait fidèlement son cahier des charges ?

Pour approcher la signification de cette tarification, il suffit de comparer le prix moyen permis par le cahier des charges avec le coût moyen de la S.T.I.B. (cfr tableau IV-2 pt IVV--18)

(1) : Nous nous contentons de citer ces chiffres indiquant l'évolution de la demande car nous les analyserons plus en détail dans les paragraphes suivants.

Le coût moyen fût calculé par simple division des dépenses totales par le nombre total de voyageurs.

Deux séries cependant ont été calculées et la différence entre elles résulte de l'inclusion ou de la non inclusion des "transports spéciaux"(1) dans le total des voyageurs.

Pour le calcul du prix moyen permis par le cahier des charges, nous nous sommes basés sur deux types de données qui sont disponibles dans les rapports annuels de la STIB : le prix moyen perçu et le pourcentage que ce dernier représente par rapport au prix moyen permis par le cahier des charges.

De ces deux éléments, on tire aisément la valeur de ce prix moyen permis par le cahier des charges.

C'est alors la comparaison entre le coût moyen et le prix moyen permis par le cahier des charges qui nous permet d'affirmer que lors de la création de la STIB, le principe de tarification qui fut décidé (cahier des charges) permettait, non seulement, de réaliser l'équilibre recettes-dépenses, mais d'exploiter le réseau de transport en assurant une marge de profit -destinée sans doute à faire face aux besoins d'investissements-.

Le prix moyen permis par le cahier des charges est, en effet, légèrement supérieur au coût moyen (avec ou sans les transports spéciaux).

Depuis plusieurs années, la STIB s'est écartée cependant de ce principe de tarification et la première conséquence de ce changement d'orientation fut concrétisée par le mali du compte d'exploitation.

A l'heure actuelle, la STIB pratique donc une politique de prix nettement différente de celle qu'il y aurait lieu de pratiquer du point de vue de l'économie de l'entreprise. En agissant de la sorte, la STIB répond donc à la proposition de tarification inférieure au coût moyen, telle que nous l'avons présentée dans la troisième partie.

(1) : "transports spéciaux et du personnel des Postes, Télégraphes et Téléphones (estimation)".

Ce qu'il nous faut déterminer, à présent, c'est le bien fondé d'une telle tarification.

L'optimum théorique est-il oui ou non réalisé en pratique ?

4. LA POLITIQUE TARIFAIRE DE LA STIB : ECHEC ou REUSSITE ?

4.1. Pour répondre à une telle question, il nous faut déterminer, en premier lieu, l'impact de la politique tarifaire sur la demande globale de TPU, car c'est via la hausse de la demande de TPU que l'on peut espérer une baisse de la congestion.

Mais, comme nous l'avons vu, dans les graphiques de la première partie, il faut en plus que la hausse de la demande de TPU soit, au moins en partie, due à une baisse de la demande de transports privés.

En premier lieu, il nous faut donc analyser l'évolution de la demande de TPU.

Sur le graphique 7.-, pIV-13, on constate aisément que, au lieu de s'accroître, cette demande n'a cessé de décroître tout au moins jusqu'en 1971.

Dans le tableau IV-3, pIV-19, nous avons repris les tarifs de la STIB. En termes nominaux, ils ont augmenté au fil des ans, mais si l'on tient compte de l'évolution générale des prix, les tarifs des TPU ont augmenté moins que proportionnellement (1).

En d'autres termes, si l'on considère les prix des TPU pondérés par l'indice des prix de détail, on constate une légère baisse des "prix relatifs" des TPU.

Or cette baisse correspond à une forte diminution de la demande, ce qui indique que le prix est loin d'être le premier déterminant de la demande. Cette constatation peut alors nous faire douter de l'efficacité d'une politique tarifaire - même une politique de TPU gratuits - sur la décongestion du trafic.

(1) : Sauf pour les cartes vendues dans les véhicules de TPU. Toutefois en 1973, ces cartes ne représentaient plus que 22.83% du total des cartes vendues.

Il faut cependant préciser que la demande de TPU qui semble inélastique au prix des TPU n'est pas la même fonction de demande que celle que nous envisageons dans le modèle de la troisième partie.

En effet, cette dernière fonction était une fonction de demande de transport sans spécification de mode et c'est par l'intermédiaire des deux fonctions de coût que l'on procédait à la répartition des voyageurs entre les modes.

Quoi qu'il en soit, la différence existant entre l'optimum théorique et la réalité réside entre autres dans le fait que le prix n'est pas le seul déterminant de la demande de transport.

- 4.2. Si les tarifs de la STIB n'ont pas permis d'accroître le volume de la demande globale, la modification de la structure des tarifs a cependant entraîné certains mouvements intéressants dans la structure de la demande.

(p. IV.-15)

Sur le graphique 9, on constate que l'évolution des écarts entre le nombre de voyageurs-cartes et le nombre de voyageurs-billets (ces deux éléments étant exprimés en pourcentage de la demande totale) est jusqu'en 1964 fort similaire à l'évolution de l'écart entre le prix des cartes (1), et le prix des billets.

De 1964 à 1968, ces évolutions ne sont plus guère parallèles.

A ce sujet, il faut noter qu'en 1966, la STIB a quelque peu complexifié la structure de ses tarifs en introduisant un écart sensible entre le prix de la carte vendue hors voiture et le prix de la carte vendue dans les véhicules de TPU.

Le prix "hors voiture" étant moins élevé, la STIB espérait que les voyageurs achèteraient ces titres de transport avant l'entrée dans les véhicules et qu'ainsi on pourrait diminuer la durée des temps d'arrêt.

De 1968 à 1973, la stabilité complète des écarts de prix est jumelée avec des fluctuations faibles des écarts entre les demandes de cartes et de billets.

En 1973, 77.17% des ventes de cartes s'effectuaient "hors voiture" et à l'accroissement de l'écart des prix (prix billet - prix carte hors voiture) correspond une hausse de l'écart entre les demandes

(1) : Le prix considéré est le prix pour un voyage.

L'existence de la perturbation dans le parallélisme des écarts de demande et de prix de 1964 à 1968 empêche d'admettre une corrélation parfaite entre ces écarts.

Mais la complexification de la structure des tarifs n'est sans doute pas le seul élément qui nous empêche d'obtenir une corrélation parfaite. En effet, les demandeurs de transport occasionnels ne voient pas l'intérêt d'acheter une carte à voyages multiples s'ils n'ont pas l'occasion de l'utiliser complètement.

En plus, rien ne prouve que les demandeurs de TPU s'efforcent de déterminer l'écart des prix lors des modifications tarifaires.

En résumé, il existe sans doute une relation entre les écarts de demande et les écarts de prix à l'intérieur même des TPU, mais cette relation n'est pas toujours vérifiée.

5. LE RENVERSEMENT DE LA TENDANCE DE LA DEMANDE DE 1969 à 1973.

Si la politique tarifaire pratiquée par la STIB n'a pu jusqu'en 1969 améliorer réellement la situation des transports privés et publics à Bruxelles, il n'en va pas de même pour l'ensemble des mesures prises entre 1969 et 1973.

En effet, ce n'est pas par hasard que la tendance de la demande de TPU s'est renversée durant les dernières années (voir graphique 7.-)

p.IV.-13

Le 21 décembre 1969, le premier tronçon de "pré-métro" a été inauguré et depuis lors, les travaux n'ont cessé de progresser.

Le 16 novembre 1970, les premiers abonnements MTB (1) hebdomadaires virent le jour. Les abonnements MTB mensuels et annuels ne furent introduits que le 1er décembre de la même année.

Le prix de ces abonnements fut, en août 1973, fortement diminué, ce qui a provoqué une forte progression de la vente de ces nouveaux titres de transport.

Il faut encore signaler qu'une partie de l'accroissement de la demande en 1973 est due à la hausse du nombre de voyageurs lors des "dimanches sans voiture".

(1) : Ces abonnements sont valables sur les réseaux urbains de la SNCB, de la SCA et de la STIB.

Si les mesures prises entre 1969 et 1973 ont été efficaces (1), c'est assurément parce que la vitesse, la fréquence et la régularité - qui ont été améliorées par la mise en service du métro entre autres- sont des déterminants de la demande plus importants que le prix.

Le modèle présenté dans la troisième partie étant incomplet sur le plan des déterminants du transport, nous avons donc modifié ce modèle et son développement est repris dans l'annexe VI.

Nous nous contenterons de mentionner ici les innovations principales dues à l'intégration du temps parmi les variables influençant l'utilité collective.

D'une part, le mouvement du mode transport prévu vers les TPU qui permet de limiter la surutilisation dans les transports privés (2) est possible grâce à l'intervention de l'élément "prix" et de l'élément "temps".

La demande de TPU varie donc parce que le prix de ce mode varie mais aussi parce que, via le nombre de véhicules mis en circulation le temps nécessaire pour effectuer un trajet par ce mode varie.

D'autre part, outre le niveau optimal du prix, le modèle nous donne le nombre optimal de véhicules de TPU à mettre en circulation et ce nombre est, toutes choses égales par ailleurs, directement proportionnel à l'intérêt que la collectivité accorde au temps de transport.

Il faut cependant préciser que le seul moyen que nous avons envisagé dans le modèle pour réduire le temps total du transport dans les TPU est la hausse du nombre de véhicules de T.U.

-
- (1) : Le revirement de la demande de TPU est un élément très positif, mais il n'est cependant pas encore suffisamment prononcé que pour déceler dès à présent une amélioration sensible de la fluidité du trafic public et Privé à Bruxelles.
- (2) : Dans le cas où l'on impose de ne pas intervenir dans les transports privés.

Aussi, nous avons dû admettre implicitement que les véhicules étaient continuellement en circulation, qu'ils parcouraient les trajets dans le temps minimum possible de sorte que la seule manière de faire gagner du temps aux usagers fut de mettre un véhicule supplémentaire en circulation.

En réalité, on peut diminuer le temps de transport en améliorant les performances des véhicules ou en modifiant le tracé des lignes, par exemple.

De tels éléments sont difficilement intégrables dans un modèle si l'on veut éviter de trop lourdes manipulations.

Ce que nous donne le modèle en termes de nombre de véhicules, c'est donc plus un exemple qu'une mesure rigoureuse.

Sur base de cette argumentation théorique, on est en droit de se demander pourquoi, jusqu'en 1969, malgré l'importance du temps (fréquence, vitesse, régularité) dans la demande de TPU, la STIB n'a pas pu mettre en oeuvre une politique franchement orientée dans ce sens.

Deux facteurs ont, à notre avis, contré les initiatives de la STIB en matière de hausse de vitesse, de fréquence et de régularité.

D'une part, la STIB pour ne pas accroître le déficit budgétaire a adapté la capacité des TPU à la baisse régulière du nombre de voyageurs. D'autre part, la hausse du nombre de véhicules privés a provoqué un accroissement du degré d'encombrement du trafic et cela a fortement contribué à rendre plus difficile encore l'amélioration de la fréquence, de la vitesse et de la régularité des TPU.

Depuis 1969, grâce au financement par l'Etat de la construction d'un système de métro à Bruxelles, l'accent a pu être mis sur la qualité des TPU.

Ces travaux d'infrastructure sont cependant très coûteux.

En 1974, à titre d'exemple, le montant de la contribution financière de l'Etat s'élevait à près de deux milliards.

Le coût élevé d'une telle politique nous conduit à penser que l'aménagement de TPU en site propre en surface est une solution à ne pas négliger car elle permet de réaliser des améliorations en termes de fréquence, vitesse et régularité et ce, à moindre coût.

Sans cette séparation entre les deux modes de transport, il semble en effet difficile d'améliorer fortement la qualité des TPU et même une forte hausse du nombre de véhicules de TPU ne permettra pas, du moins aux heures de pointe de diminuer les temps de transport étant donné le niveau d'encombrement déjà atteint.

6. CONCLUSION

La politique tarifaire pratiquée par la STIB n'a pas, comme nous l'avons vu, été efficace en ce sens qu'elle n'a pas provoqué d'accroissement de la demande globale de TPU.

La raison de cet échec est que la variable prix n'est pas le seul déterminant principal de la demande de transport ou, en tout cas, que ce déterminant est incapable, à lui seul, d'exercer une réelle influence sur le niveau de la demande.

Il faut toutefois noter que les écarts entre les demandes des différents titres de transport au sein des TPU évoluent dans une certaine mesure de la même manière que les écarts de prix entre ces titres de transport.

Le renversement de la tendance de la demande qui s'est produit à partir de 1969 n'est sans doute pas dû à une seule et unique mesure mais bien à un ensemble de décisions tant sur le plan de la restructuration tarifaire que sur le plan des variables de qualité influençant la demande de transport.

La mise en service du métro à Bruxelles a sans aucun doute permis d'améliorer la fréquence, la vitesse et la régularité des TPU, et ce sont ces éléments là qui ont permis d'accroître le niveau de la demande.

(Sur l'axe est-ouest à Bruxelles, on a constaté une hausse de 35% du nombre de voyageurs depuis la mise en place du pré-métro).

Nous ne possédons malheureusement que peu de renseignements sur les coûts associés aux travaux d'infrastructure nécessaires pour la mise en place de ce métro.

Quoi qu'il en soit, il ne nous semble pas nécessaire d'abandonner complètement l'exploitation des TPU, en surface pour consolider la nouvelle tendance de la demande à la hausse.

En effet, les principaux avantages qu'offre le métro sont des améliorations de la fréquence, de la vitesse et de la régularité. Ces améliorations, plus difficiles à réaliser en surface, sont, à notre avis, cependant possibles par l'intensification des mesures visant à séparer les modes de transport privé et public.

L'existence de TPU en site propre faciliterait fortement la tâche de la STIB et lui permettrait d'assurer un service plus rapide, plus fréquent et plus régulier.

Couplées avec des restructurations tarifaires visant à intensifier l'usage des titres de transport tels que les cartes (hors voiture) et les abonnements, ces mesures d'améliorations de la qualité des TPU sont les seules qui, à notre avis, permettent d'espérer une sensible amélioration de la situation des transports à Bruxelles.

Nous n'avons malheureusement pas pu poursuivre notre étude dans cette voie mais il est indispensable de mesurer les coûts associés à de telles politiques d'amélioration de la qualité des TPU.

Une autre question qui reste en suspens est celle du mode de financement d'une telle politique.

La première solution consiste en l'octroi d'un subside complémentaire par l'Etat mais la réticence de la collectivité à un tel mode de financement peut être grande étant donné l'actuel niveau de l'intervention financière de l'Etat (en 1973 : il était égal à 1.507.005.536 Frs).

Une autre solution peut être le maintien au niveau actuel du financement de l'Etat et l'accroissement par des mesures tarifaires du montant des recettes de la STIB.

Cette solution peut se justifier par le peu d'impact que le niveau des prix aura sans doute sur le volume de la demande globale mais dans un tel cas, il faudra faire intervenir un second critère de validité de la politique, à savoir son impact sur la redistribution du revenu.

Comme nous l'avons vu, H.J.BAUM prétend que cet impact sera faible mais ce n'est pas une raison pour ne pas le préciser eu égard à la situation propre des demandeurs de transport à Bruxelles.

En résumé, c'est par la mise en oeuvre simultanée de plusieurs mesures visant à améliorer la qualité des TPU et la structure de la demande - au profit de titres de transport permettant de minimiser la durée des temps d'arrêt- et non par l'application d'une politique unique de prix inférieur au coût moyen ou même d'une politique de tarifs nuls, qu'il sera possible d'accroître la demande de TPU, et par là, d'atteindre l'objectif primordial de toute politique en matière de transports urbains, à savoir la décongestion du trafic.

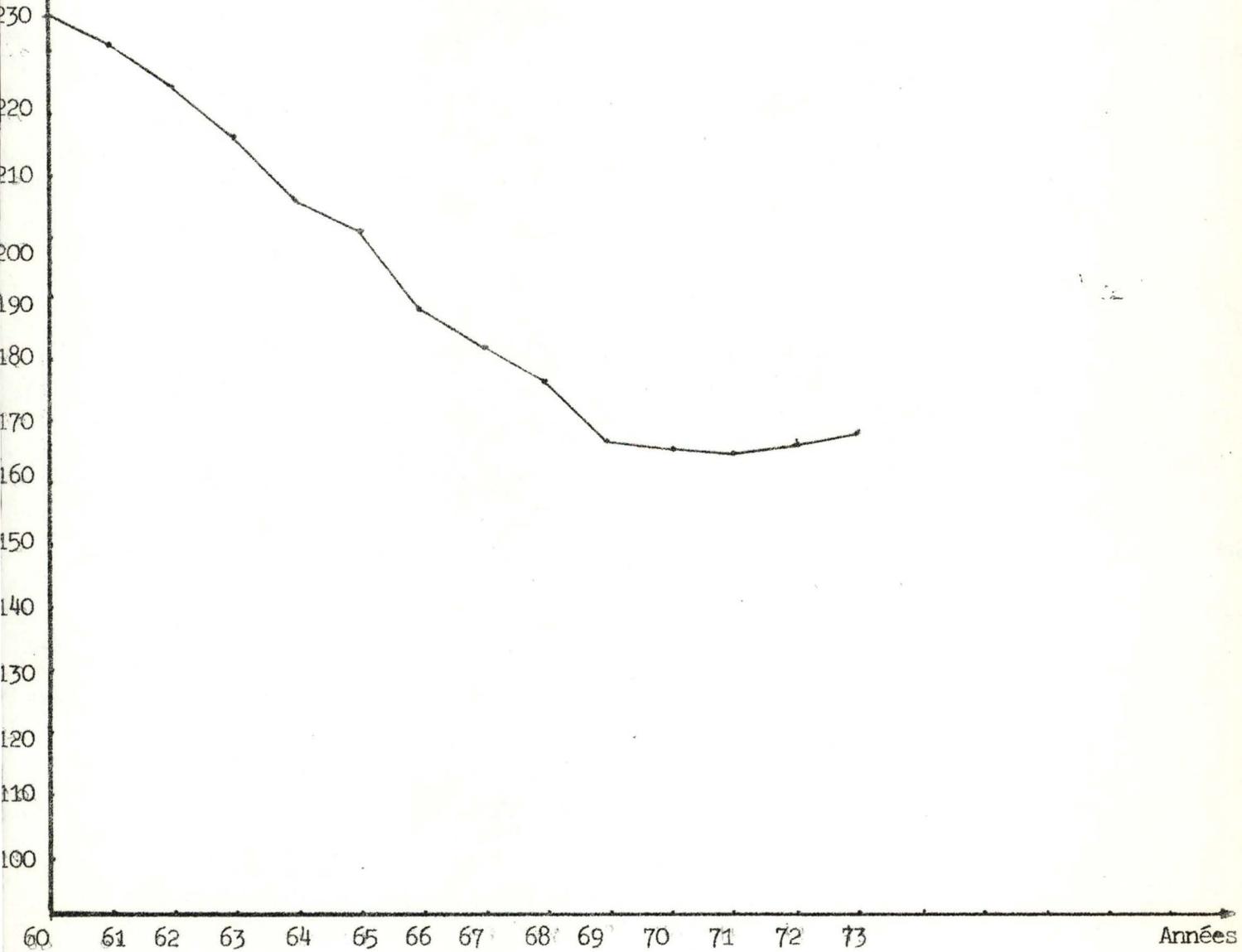
en 000.000

GRAPHIQUE 7

IV.- 13

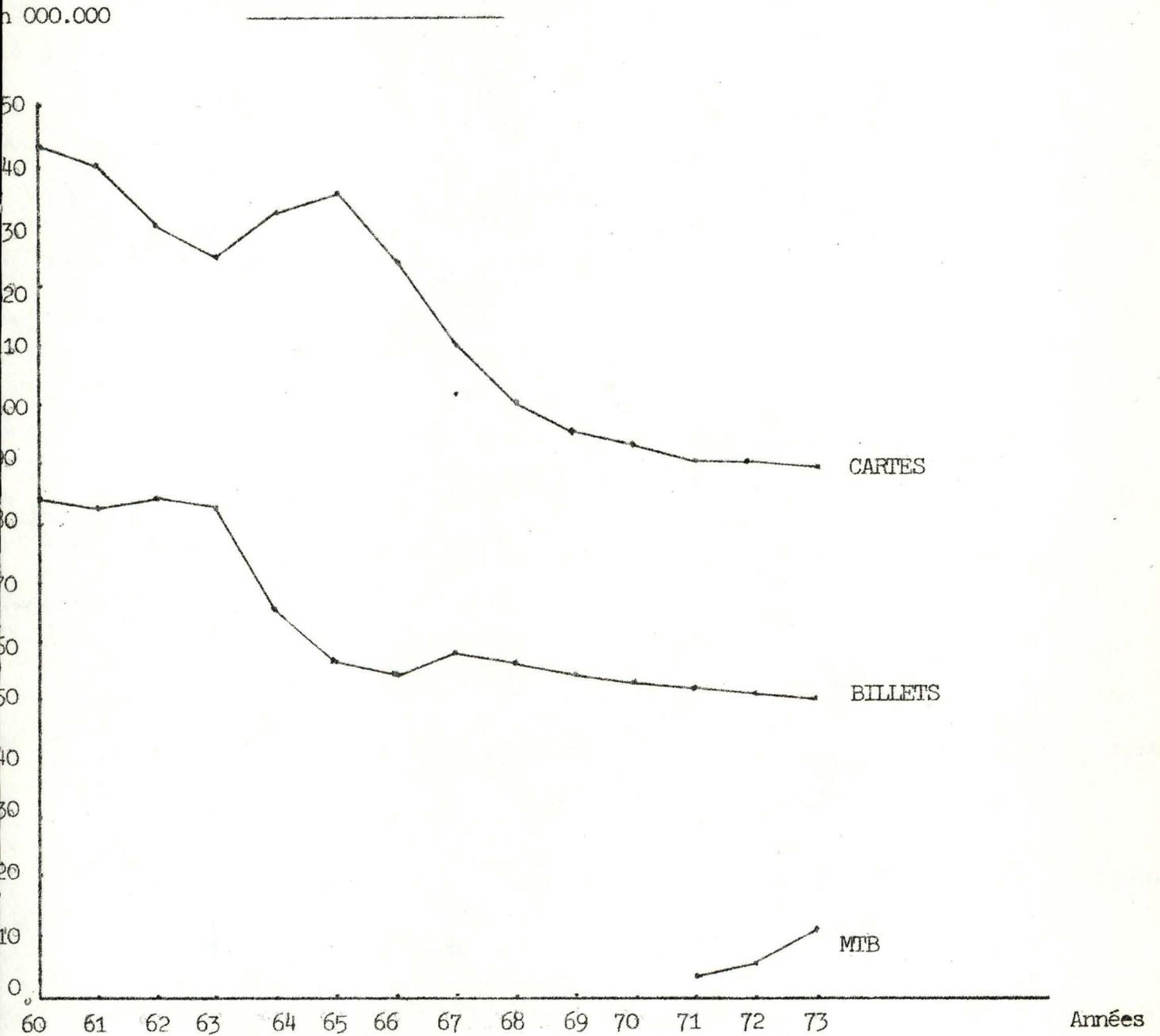
DEMANDE GLOBALE

(BILLETS, CARTES, ABONNEMENTS, CORRESPONDANCES)



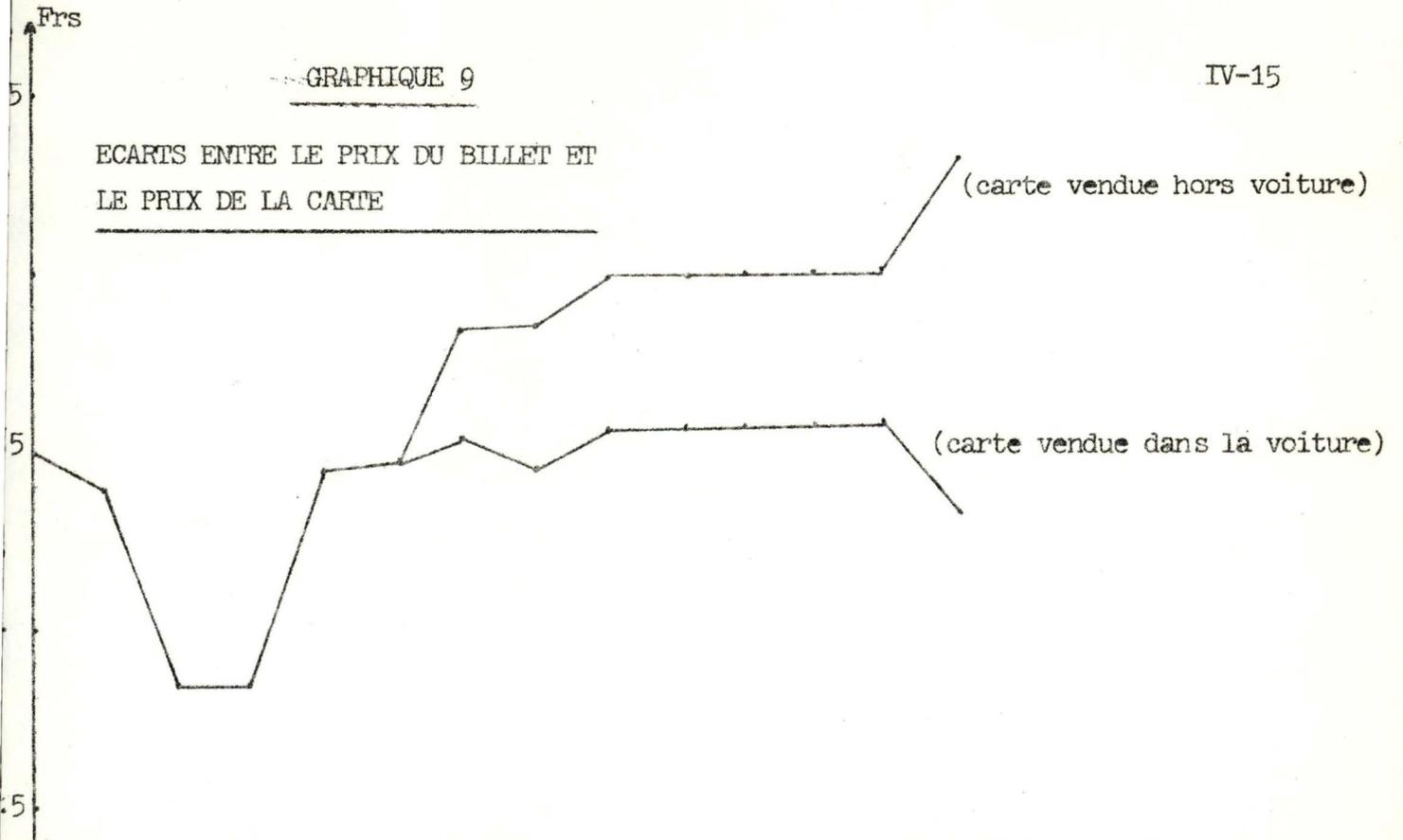
GRAPHIQUE 8

BILLETTS, CARTES, MTB

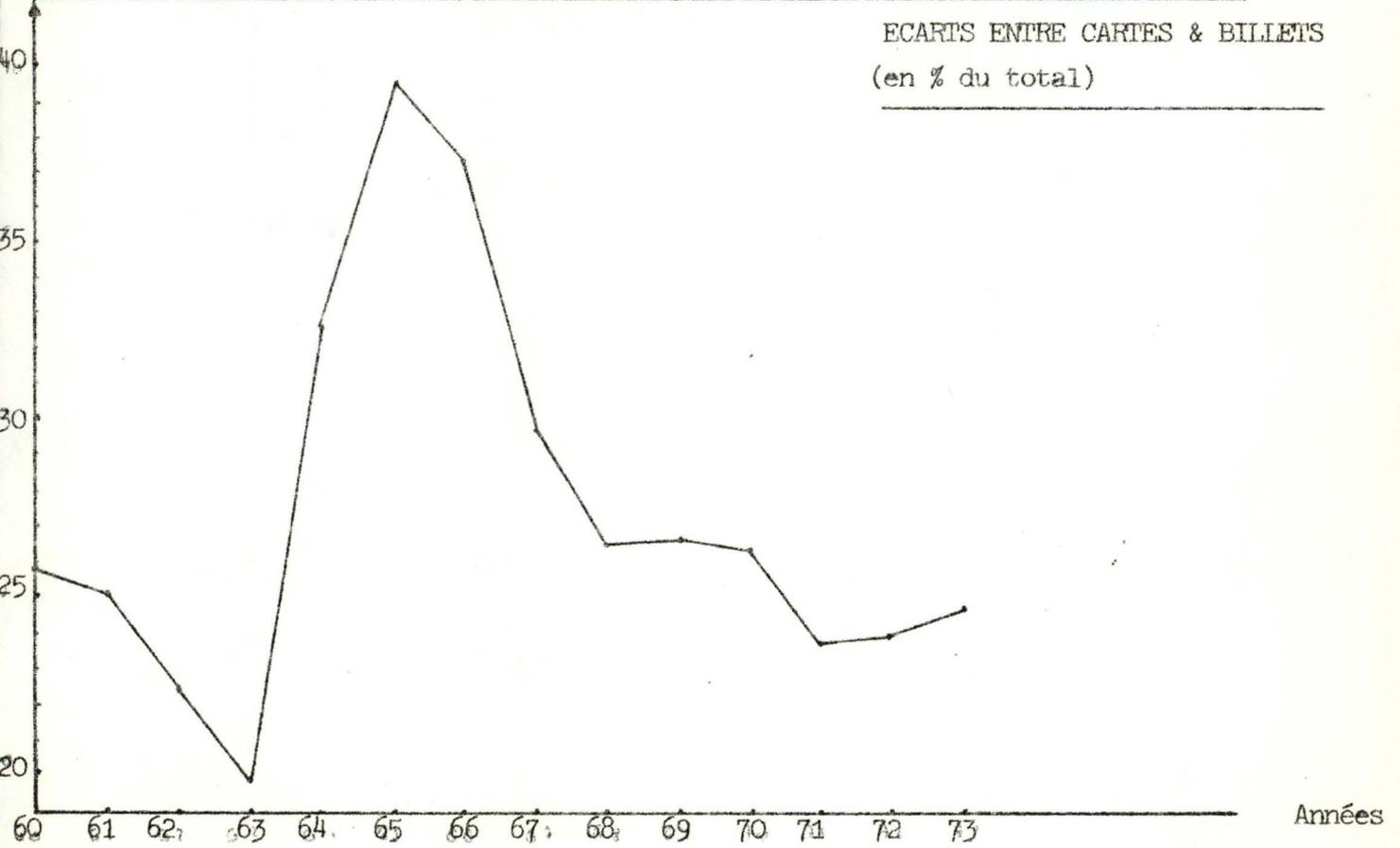


GRAPHIQUE 9

ECARTS ENTRE LE PRIX DU BILLET ET
LE PRIX DE LA CARTE



ECARTS ENTRE CARTES & BILLETS
(en % du total)



GRAPHIQUE 10

BILLETTS, CARIÉS, MIB en % du total (1)

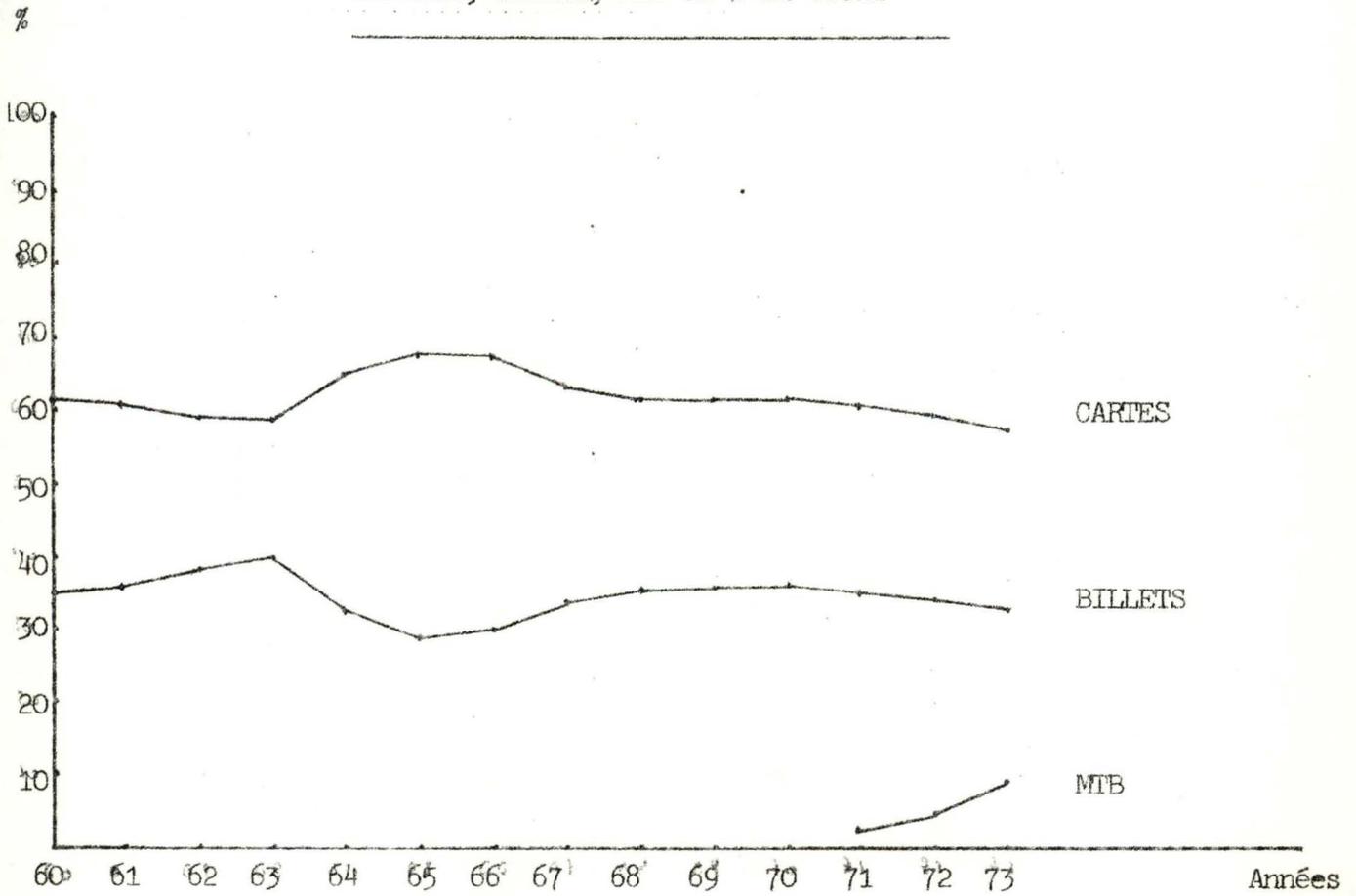


TABLEAU IV.-1

ANNEES	RECETTES TOTALES	DEPENSES TOTALES	SOLDE D'EXPLOITATION	APPOINTEMENTS, SALAIRES ET CHARGES SOCIALES
65	1.040.342.640	1.220.286.476	179.943.836	831.784.466
66	1.111.010.188	1.316.222.589	205.212.401	892.939.853
67	1.100.849.957	1.421.788.919	320.938.962	970.417.902
68	1.064.534.040	1.449.240.619	384.706.579	1.000.377.590
69	1.120.054.320	1.540.435.211	420.380.891	1.062.943.211
70	1.106.919.533	1.723.458.332	616.538.799	1.216.730.667
71	1.094.724.492	1.993.772.278	899.047.786	1.448.845.542
72	1.099.567.567	2.325.393.772	1.225.826.205	1.659.551.924
73	1.145.201.047	2.813.013.807	1.667.812.760	1.918.893.040
65	100%	100%	100%	100%
73	110.08%	230.52%	926.85%	230.69%
SOURCE : RAPPORTS ANNUELS D'EXERCICE : S.T.I.B.				

ANNEES	1. PRIX MOYEN PERCU PAR VOYAGE	2. EN % DU PRIX PERMIS PAR LE CAHIER DES CHARGES	3. PRIX MOYEN PERMIS PAR LE CAHIER DES CHARGES 3 = 1 : 2	4. COUT MOYEN = TOTAL DES DEPENSES : TOTAL DES VOYAGES (BILLETS, CARTES, ABONNEMENTS, TRANSPORTS SPECIAUX)
69	6.67 FR	62%	10.7580 FR	8.6120 FR
70	6.70 FR	56%	11.9642 FR	9.8461 FR
71	6.37 FR	42%	15.1666 FR	11.4819 FR
72	6.38 FR	42%	15.1904 FR	13.3136 FR
73	6.56 FR	35%	18.7428 FR	15.7943 FR

	5. PRIX MOYEN PERCU (1) EN % DU COUT MOYEN (4)	6. PRIX MOYEN PERCU (1) 1969 = 100	7. PRIX MOYEN PERMIS PAR LE CAHIER DES CHARGES 1969 = 100	8. COUT MOYEN (4) 1969 = 100
69	77.45%	100	100	100
70	68.04%	100,74	111,21	114,33
71	55.47%	95.50	140,97	133,39
72	47.92%	95.65	141,20	154,59
73	41.53%	98.35	174,22	183,39

SOURCE : RAPPORTS ANNUELS D'EXERCICE : S.T.I.B.

	4BIS COUT MOYEN = TOTAL DES DEPENSES : TOTAL DES VOYAGES (CARTES, BILLETS, ABONNEMENTS)	5BIS PRIX MOYEN PERCU (1) EN % DU COUT MOYEN (1:4BIS).100	8BIS COUT MOYEN (4BIS) 1969 = 100
69	9.0014 FR	74.09%	100
70	10.3011 FR	65.04%	114,43
71	12.0120 FR	53.03%	133,44
72	13.8694 FR	46.00%	154,08
73	16.4838 FR	39.79%	183,12

ANNEES	BILLETS	CARTES (1)		CARTES (2)		HEBDO	M. T. B.		INDICE DES PRIX DE DETAIL
		HORS VOITURE	DANS LA VOITURE	HORS VOITURE	DANS LA VOITURE		MENSUEL	ANNUEL	
60	5 -	42.3	42.3	3.85	3.85	-	-	-	100
61	5 -	42.3	42.3	3.85	3.85	-	-	-	-
62	5 -	45.8	45.8	4.17	4.17	-	-	-	-
63	5 -	45.8	45.8	4.17	4.17	-	-	-	-
64	6 -	50	50	4.54	4.54	-	-	-	-
65	6 -	50	50	4.54	4.54	-	-	-	-
66	7 -	57	60	5.18	5.45	-	-	-	-
67	7 -	57	62	5.18	5.63	-	-	-	-
68	8 -	66	71.5	6	6.5	-	-	-	-
69	8 -	66	71.5	6	6.5	-	-	-	-
70	8 -	66	71.5	6	6.5	-	-	-	-
71	8 -	66	71.5	6	6.5	125	500	5.500	-
72	8 -	66	71.5	6	6.5	125	500	5.500	-
73	9 -	73.3	85.3	6.66	7.77	90	360	3.600	134
1966	100%	100%	100%	100%	100%	72 100%	100%	100%	
1973	128.57%	128.59%	142.16%	128.57%	142.56%	73 72%	72%	65%	
(1) : PRIX POUR 11 VOYAGES						SOURCE : RAPPORTS ANNUELS D'EXERCICE : S.T.I.B.			
(2) : PRIX POUR 1 VOYAGE									

TABLEAU IV.- 4

ANNEES	BILLETS	CARTES	ABONNEMENTS MTB	TOTAL DES VOYAGES (1)
60	83.272.105	143.736.170	-	235.031.961
61	82.318.104	140.099.359	-	230.342.907
62	83.743.457	131.199.550	-	222.683.137
63	83.023.721	125.526.784	-	215.922.634
64	65.528.505	132.296.923	-	205.922.290
65	56.803.969	135.646.170	-	200.164.623
66	54.715.725	124.431.428	-	187.170.899
67	58.711.206	112.073.817	-	179.444.006
68	57.119.611	100.837.611	-	165.146.297
69	53.904.247	95.820.096	-	157.236.788
70	53.331.327	93.726.864	-	154.921.231
71	52.438.127	90.241.788	3.921.072	154.396.049
72	52.068.861	90.041.110	5.104.934	154.630.974
73	50.038.433	89.959.842	11.034.128	155.152.844
SOURCE : SERVICE MECANOGRAPHIE : S.T.I.B.				

(1) : Y COMPRIS LES CORRESPONDANCES

TABLEAU IV. -5

ANNEES	BILLETS 1960 = 100	CARTES 1960 = 100	ABONNEMENTS MTR 1971 = 100	TOTAL (1) 1960 = 100
60	100 %	100%	-	100%
61	98.85 %	97.46%	-	98.00%
62	100.56%	91.27%	-	94.74%
63	99.70%	87.33%	-	91.86%
64	78.69%	92.04%	-	87.61%
65	68.21%	94.37%	-	85.16%
66	65.70%	86.56%	-	79.63%
67	70.50%	77.97%	-	76.34%
68	68.59%	70.15%	-	70.26%
69	64.73%	66.66%	-	66.90%
70	64.04%	65.20%	-	65.91%
71	62.97%	62.78%	100%	65.69%
72	62.52%	62.64%	130.19%	65.79%
73	60.09%	62.58%	281.40%	<u>66.01%</u>

ANNEES	BILLETS EN % DU TOTAL	CARTES EN % DU TOTAL	MTB EN % DU TOTAL	TOTAL (1) = 100 %
60	35.43 %	61.15%	-	100%
61	35.73%	60.82%	-	100%
62	37.60%	58.91%	-	100%
63	38.45%	58.13%	-	100%
64	31.82%	64.24%	-	100%
65	28.37%	67.76%	-	100%
66	29.23%	66.48%	-	100%
67	32.71%	62.45%	-	100%
68	34.58%	61.05%	-	100%
69	34.28%	60.93%	-	100%
70	34.42%	60.49%	-	100%
71	33.96%	58.44%	2.53%	100%
72	33.67%	58.22%	3.30%	100%
73	32.25%	57.98%	7.11%	100%

(1) EN CE Y COMPRIS LES CORRESPONDANCES

ANNEES	ECART ENTRE LE PRIX DU BILLET ET LE PRIX DE LA CARTE		ECART ENTRE LE NOMBRE DE VOYAGEURS CARTES ET LE NOMBRE DE VOYAGEURS BIL- LETS (EN % DU TOTAL)	POURCENTAGE DES CARTES VENDUES HORS VOITURE
	HORS VOITURE	DANS LA VOITURE		
60		1.15 FR	25.72	-
61		1.15 FR	25.09	-
62		0.83 FR	21.31	-
63		0.83 FR	19.68	-
64		1.46 FR	32.42	-
65		1.46 FR	39.39	-
66	1.55	1.82	37.25	46.80
67	1.37	1.82	29.74	76.54
68	1.50	2.00	26.47	78.24
69	1.50	2.00	26.65	76.74
70	1.50	2.00	26.07	76.61
71	1.50	2.00	24.48	76.17
72	1.50	2.00	24.55	74.57
73	1.23	2.34	25.73	77.17
				(82.27 EN DECEMBRE 73)

CONCLUSION GENERALE

A toute politique correspond toujours au moins un objectif. Les politiques en matière de transport ne font pas défaut à cette règle et c'est pourquoi nous avons tenu au début de ce mémoire à préciser l'objectif qui, à nos yeux, leur était associé.

C'est sans aucun doute la décongestion qui constitue le but primordial des politiques en matière de transport urbain, mais pour atteindre ce but, divers moyens sont proposés. Ainsi, avant de nous consacrer à la politique tarifaire dans les TPU, nous désirions situer cette politique parmi les autres mesures qui sont généralement proposées pour résoudre les encombrements du trafic dans les villes.

En agissant ainsi, nous avons décomposé les mécanismes inhérents à chacune de ces politiques de manière à visualiser leur impact possible sur l'objectif principal.

Le degré de décongestion n'est cependant pas le seul élément à prendre en considération pour décider de la meilleure politique à suivre. En effet, la politique de transport peut avoir des effets secondaires et nous en avons mentionné deux exemples : la redistribution du revenu et la répartition des activités dans les villes.

Ce n'est cependant pas le choix de la meilleure politique de transport qui constitue l'objet de ce mémoire, mais bien l'analyse de la validité d'une de ces politiques, à savoir la politique tarifaire des entreprises de TPU.

Pour effectuer cette analyse, nous avons tout d'abord concentré notre attention sur une mesure extrême qui consiste à rendre les TPU gratuits.

Dans la seconde partie, nous avons donc réuni divers éléments de manière à nous faire une première opinion vis-à-vis de cette solution particulière.

Le "CRISTAL MODEL", le "SINGLE LINK MODEL", et l'étude de D.A. QUARMBY ont servi de point de départ, mais, comme nous l'avons vu, les arguments en faveur de la gratuité des TPU sont fortement contestés (cfr H.J. BAUM entre autres). Les adversaires des TPU gratuits affirment que la politique qui consiste à améliorer la "qualité" des TPU est moins coûteuse et qu'elle permet de mieux atteindre l'objectif clef.

A l'appui d'un tel argument, on peut assurément citer les résultats des expériences concrètes réalisées à ROME et ailleurs.

L'expérience de ROME fut cependant limitée dans le temps et les gains que l'entreprise fournissant les services de transport peut réaliser en rendant ses services gratuits - suppression des coûts de perception et de contrôle - n'ont de ce fait pas été possibles.

Pour cette raison, nous avons cru bon de regrouper dans le dernier chapitre de la deuxième partie les avantages et désavantages propres à l'entreprise de TPU elle-même.

Toutefois le résultat principal est, à notre avis, le faible degré de décongestion qu'une telle politique a entraîné.

Les réponses aux questionnaires distribués lors de l'expérience italienne indiquent bien que la hausse de demande de TPU n'est pas due à un véritable mouvement des transports privés vers les TPU.

Deux questions restaient encore en suspens à ce stade de l'étude.

D'une part, l'apparente inefficacité de la gratuité des TPU nous amenait-elle à abandonner toute politique de tarifs bas ?

D'autre part, l'échec de la gratuité à ROME impliquait-il l'échec de cette même politique à Bruxelles ?

Avant donc d'analyser la situation bruxelloise, nous avons tenu à donner un support théorique à la tarification des modes de transport de manière à redéfinir les bases de la politique de prix bas.

En maximisant le surplus du consommateur, nous avons défini ce qui, théoriquement, est la tarification optimale des transports privé et public.

Notre objectif étant la tarification des TPU, nous avons introduit dans le modèle de base une contrainte de non intervention dans les transports privés et avons alors constaté que l'entreprise de TPU se devait dans un tel cas de maintenir les tarifs en dessous du coût marginal social et parfois même en dessous du coût moyen. C'est, en effet, ainsi que la surutilisation des transports privés sera limitée au maximum.

A l'aide des données dont nous disposions, nous avons alors tâché de voir si, à Bruxelles, la tarification inférieure au coût moyen avait été réalisée ou non.

Nous avons constaté que, actuellement, c'est bien le principe de tarification qui est suivi par la STIB, mais aussi, que cette mesure ne permettait pas de résorber la congestion à Bruxelles car la demande de TPU, malgré la politique de prix, n'a jamais cessé de décroître jusqu'en 1969.

Théoriquement donc, une tarification inférieure au coût moyen est admissible car elle trouve sa justification dans le fait que les demandeurs de transport sont supposés sensibles au prix du transport. Déjà à ROME et ATLANTA, cette hypothèse était contestée et nous avons vu que tel était le cas également à BRUXELLES.

A ce stade, nous pouvions conclure à l'inefficacité de la politique tarifaire comme moyen pour décongestionner les villes. Mais, si cette politique n'est pas la bonne solution, il nous fallait explorer une autre voie.

En observant le renversement de la tendance de TPU de 1969 à 1973, nous avons constaté, à la lumière des mesures prises à cette époque, l'importance des éléments de qualité dans les TPU.

Au modèle de la troisième partie, nous avons donc ajouté une variable supplémentaire, à savoir le temps passé dans les transports.

Ce nouveau modèle nous a montré que la baisse de demande de transport privé et la hausse de demande de TPU pouvait se réaliser par l'intermédiaire de la durée du temps de transport.

Les utilisateurs des deux modes de transport pourraient bien, en effet, accepter une hausse de prix si, parallèlement, la qualité des TPU augmentait.

Précisons encore que, dans ce modèle, nous admettions comme possible une baisse du temps dans les TPU si le nombre de véhicules publics augmentait. Tel ne peut être le cas à Bruxelles que si l'on réalise la séparation, au moins partielle, entre TPU et transports privés.

Le système de métro est la scission parfaite mais son coût nous conduit à ne pas rejeter la solution de TPU en site propre en surface.

La politique qui consiste à améliorer la qualité des TPU est donc, à notre avis, la seule qui permette d'espérer une baisse du degré d'encombrement du trafic à Bruxelles.

Une prise de position définitive devra cependant prendre encore en considération l'évaluation du coût d'une telle politique et son mode de financement.

Telles sont les deux voies de recherche qui, à notre avis, devraient compléter notre analyse.

- ~~maintien et amélioration des services~~
- régulation
- mod. qualité - trafic - coût et durée - R.O.

ANNEXE I.

LE CALCUL DE LA VALEUR DU TEMPS PASSE DANS LES TRANSPORTS SELON LA METHODE DE M.BEESEY
 ET LE PARALLELE AVEC LA METHODE DE D.A.QUARMBY
 (cfr Deuxième partie, Chapitre I, C)

A. LA VALEUR DU TEMPS à PARTIR des "TRADE OFF".

Ce qui retiendra notre attention dans le travail de M.BEESEY, c'est la détermination de la valeur du temps dans les TPU (δ_1). La seconde partie, consacrée à la dérivation à partir de δ_1 de δ_2 (c.à.d. de la valeur du temps dans les transports privés) ne sera pas reprise ici.

C'est, en effet, la méthode utilisée pour trouver la première valeur δ_1 qui nous permettra de faire le parallèle avec le travail de D.A.QUARMBY.

A partir d'un échantillon ⁽¹⁾ de personnes, on recueille des informations relatives aux temps et coûts des modes de transport public (respectivement le mode de transport préféré et le mode alternatif).

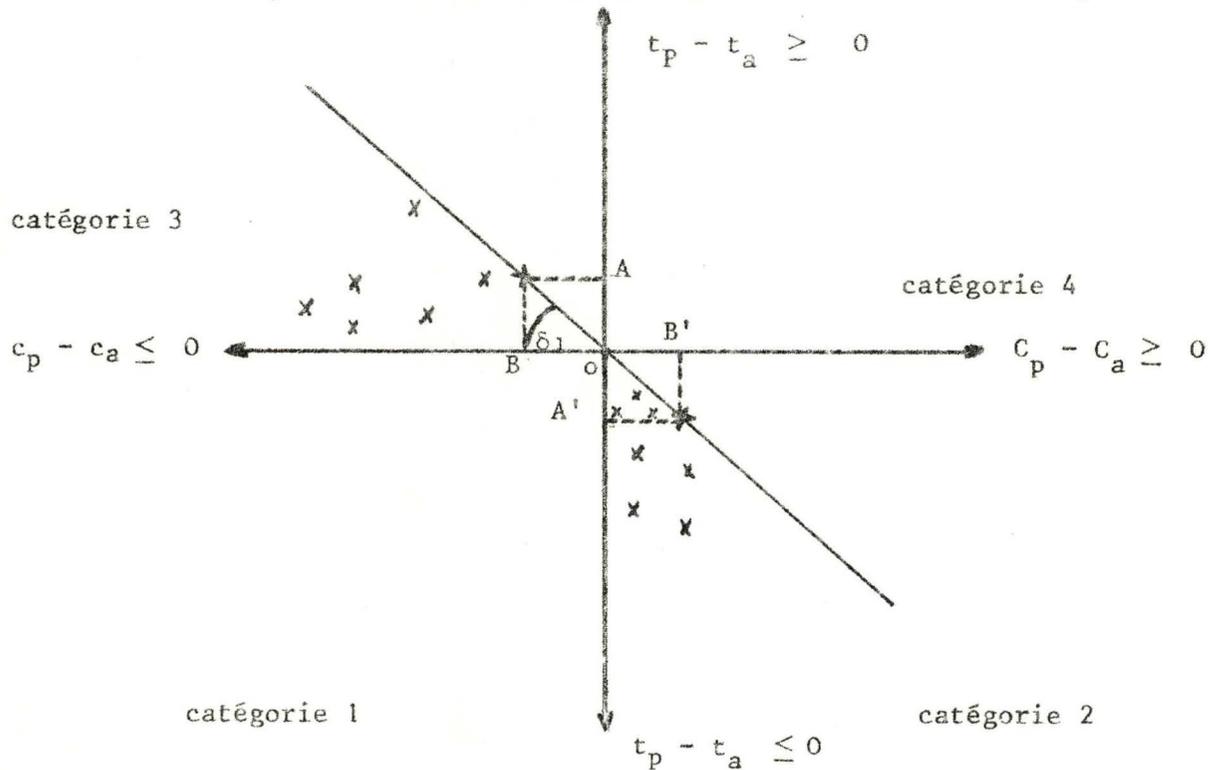
Deux hypothèses de base sont indispensables pour la compréhension du raisonnement : α - les transportés minimisent leur désutilité du transport ce qui explique le choix du mode.

β - la désutilité d'un mode de transport est fonction du prix de ce mode et du temps nécessaire au transport par ce mode.

Les personnes interrogées peuvent être classées en quatre catégories.

(1) : Cet échantillon doit respecter certaines conditions dont, par exemple, l'homogénéité du comportement des membres du groupe, etc...

- 1.- Ceux qui choisissent le mode le moins cher et le plus rapide
- 2.- Ceux qui choisissent le mode le plus cher et le plus rapide
- 3.- Ceux qui choisissent le mode le moins cher et le moins rapide
- 4.- Ceux qui choisissent le mode le plus cher et le moins rapide



t_p et c_p = respectivement les temps et coûts du mode préféré
 t_a et c_a = respectivement les temps et coûts du mode alternatif.

Les personnes appartenant aux catégories 1.- et 4.- sont exclues car : - les premières ne font aucune substitution entre monnaie et temps
 - les dernières sont déclarées irrationnelles car, leur désutilité n'étant fonction que des temps et coûts, elles ne la minimisent pas dans un tel choix.

Seules, les personnes appartenant aux catégories 3.- et 2.- nous intéressent. Les uns minimisent leur désutilité en choisissant un mode plus lent à condition de le payer moins cher.

Les autres préfèrent gagner du temps quoique payant plus cher.

Ces agents se situeront donc respectivement dans les quadrants N-O et S-E.

Pour la catégorie 3 (N-O), on trace une droite à partir de l'origine, représentant le taux de substitution entre les gains monétaires et les pertes de temps et telle que pour une perte de temps OA, les agents exigeront un gain monétaire au moins égal à OB, c'est-à-dire que δ_1 doit être inférieur ou égal à $\frac{c_a - c_p}{t_p - t_a}$.

Pour la catégorie 2 (S-E), le principe est le même et les agents accepteront de payer un supplément OB' à condition de gagner au moins OA' en termes de temps.

Si l'on fait passer les agents de la catégorie 2 dans le quadrant N-O, il vient que, pour eux, δ_1 doit être supérieur ou égal à $\frac{c_p - c_a}{t_a - t_p}$.

Pour obtenir la valeur du temps, il nous faut donc trouver une droite partant de l'origine et telle que aucune personne de la catégorie 3 ne se trouve à l'est de cette droite et que aucune personne de la catégorie 2 ne se trouve à l'ouest de cette même droite. (1)

C'est donc l'angle de cette droite qui nous fournira la valeur du temps passé dans les TPU.

B. La méthode de M.BEESLEY ne veut pas expliquer le choix modal, mais trouver le taux de substitution entre monnaie et temps qui explique au mieux le choix modal.

En fait, M.BEESLEY cherche les coefficients de pondération⁽²⁾ (des coûts et des temps) qui minimisent les mauvaises classifications et le rapport de ces coefficients donne la valeur du temps (ces coefficients sont les λ chez D.A.QUARMBY).

(1) : L'exemple présenté est en "cas d'école" car, en fait ici, il faudra minimiser le nombre de mauvaises classifications ou répartitions de part et d'autre de la droite.

(2) : voir page suivante AI-4

Notons toutefois une différence, parmi d'autres, entre les deux méthodes.

Dans le travail de M. BEESLEY, on considère pour calculer δ_1 les utilisateurs des modes de TPU et pour permettre une transposition aisée du quadrant S-E vers le quadrant N-O, la droite exprimant le taux de substitution part de l'origine.

La conséquence directe d'une telle construction est l'égalité de la valeur marginale et moyenne du temps.

Dans le cas de l'étude de D.A. QUARMBY, l'on s'intéresse aux utilisateurs des modes de transport privé et public et on les place directement tous dans le même quadrant. Ceci permet donc à la fonction de désutilité de ne pas partir de l'origine, ce qui ne force plus à égaliser la valeur marginale du temps à la valeur moyenne.

Toutefois, la constance de la valeur marginale est imposée par le fait que le modèle est linéaire.

+++++

note (2) de la page AI-3 : La droite de M. BEESLEY est de la forme : $(c_p - c_a) = -m(t_a - t_p)$ et la distance d'un point i par rapport à cette droite est égale à $d_i = \frac{m(t_a - t_p)_i + (c_p - c_a)_i}{(1 + m^2)^{1/2}}$

$$= \frac{m}{(1+m^2)^{1/2}} (t_a - t_p)_i + \frac{1}{(1+m^2)^{1/2}} (c_p - c_a)_i$$

Le rapport des derniers coefficients $\left(\frac{m}{(1+m^2)^{1/2}} \text{ et } \frac{1}{(1+m^2)^{1/2}} \right) = m =$ valeur du temps chez M. BEESLEY.

Les coefficients eux-mêmes sont les λ de D.A. QUARMBY et $d_i =$ mesure de la désutilité relative d'un mode par rapport à l'autre $d=0$ donne le seuil de désutilité.

ANNEXE II. : CLASSEMENT DES DETERMINANTS DE LA
 DEMANDE DE TRANSPORT : 11 études empiriques

	A	B	B	D	E	F	G	H	I	J	K	MOYENNE
Prix	5	1	2	6	1	1	-	1	6	1	3	2.7
Vitesse	2	3	1	3	2	3	1	5	1	-	2	2.3
Ponctualité	4	6	-	1	-	-	-	9	-	-	-	5.0
Fréquence	-	-	4	5	3	-	-	2	-	-	-	3.5
Confort	3	2	7	7	-	4	-	8	2	2	-	4.0
Accessibilité	6	4	-	-	-	-	-	6	5	6	-	5.4
Absence de changement	8	5	-	-	-	-	4	4	-	-	-	5.2
Sûreté	4	6	-	2	-	-	-	-	-	-	1	3.2
Probabilité d'avoir un siège	3	2	-	9	-	-	6	7	-	3	-	5.0

A : EMNID INSTITUTE

B : EMNID INSTITUTE

C : EMNID INSTITUTE

D : HOUSEHOLD INTERVIEWS in STUTTGART (Schenk)

E : EMPIRICAL STUDY in LEEDS : D.A. QUARMBY

F : BELLINGER

G : INFOS INSTITUTE

H : INFOS INSTITUTE

I : STUDY in COOK COUNTY, ILL. U.S.A.

J : MAKONEY

K : HILLE.

+++++

ANNEXE III = LE MODELE DE DEMANDE

----- DOMENCICH T.A., KRAFT G. /2/.

$$N(i, j, i/Po, Mo) = \emptyset [\underline{S}(i/Po), \underline{A}(j/Po), \underline{T}(i, j, i/Po, Mo) \\ \underline{C}(i, j, i, /Po, Mo), \underline{T}(i, j, i, /Po, M\alpha) \\ \underline{C}(i, j, i, /Po, M\alpha)]$$

où $N(i, j, i, /Po, Mo)$ = le nombre de trajets aller et retour entre l'origine i et la destination j pour le motif Po et par le mode Mo .

$\underline{S}(i/Po)$ = caractéristiques socio-économiques associées au motif Po et décrivant les voyageurs qui résident dans la zone i .

$\underline{A}(j/Po)$ = description du niveau d'activité associé au motif Po dans la zone j .

$\underline{T}(i, j, i/Po, Mo)$ = temps entre origine i et destination j pour le motif Po et par le mode Mo .

$\underline{C}(i, j, i, /Po, Mo)$ = coûts entre origine i et destination j pour le motif Po et par le mode Mo .

$\underline{T}(i, j, i, /Po, M\alpha)$ = temps entre origine i et destination j pour le motif Po et par tous les modes alternatifs ($\alpha = 1 \dots n$)

$\underline{C}(i, j, i, /Po, M\alpha)$ = coûts entre origine i et destination j pour le motif Po et par tous les modes alternatifs ($\alpha = 1 \dots n$)

+++++

ANNEXE IV : EXTENSION DU MODELE PRESENTE DANS LA PARTIE 3 :
 ----- INTERACTION ENTRE LES DEUX MODES AU NIVEAU DES
 COÛTS

1. Le modèle d'intervention optimale (cfr partie 3; point 2)

$$\text{Dans ce cas-ci } t_1 = C_1 (V_1, V_2)$$

$$\text{et } t_2 = C_2 (V_1, V_2)$$

Nous maximiserons donc la fonction suivante :

$$\text{Max } L = U (V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1 (V_1, V_2) - V_2 \cdot C_2 (V_1, V_2)$$

$$V_1, V_2$$

1.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \cdot \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \cdot \frac{\delta C_2}{\delta V_2} - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2} = 0$$

1.2. Les taxes à imposer sont donc :

$$\text{pour le mode 1 : } \pi_1^{***} = V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} + V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1}$$

$$\text{et pour le mode 2 : } \pi_2^{***} = V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} + V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2}$$

2. "SECOND BEST"

2.1. Non intervention dans le mode 1 ($\pi_1 = 0$) (cfr partie 3; point 3.1)

$$\text{MAX } L = U(V_1, V_2) - V_1 C_1(V_1, V_2) - V_2 \cdot C_2(V_1, V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1(V_1, V_2) \right)$$

$$V_1, V_2$$

2.1.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_1} \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 = 0$$

2.1.2

$$\alpha) \text{Ums}_1 - \text{Cms}_1 = -\left(v_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} + v_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2}\right) < 0 \text{ d'où } \lambda > 0$$

$$\beta) \text{Ums}_2 - \text{Cms}_2 = \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \right) < 0$$

$$\gamma) \frac{\text{Ums}_1 - \text{Cms}_1}{\text{Ums}_2 - \text{Cms}_2} = \frac{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_1} \right)}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \right)} < 1 \quad \text{si } \frac{\delta C_1}{\delta V_2} > \frac{\delta C_1}{\delta V_1}$$

Si un utilisateur supplémentaire du mode de TPU provoque une hausse du coût des TPU inférieure à celle que provoque un usager supplémentaire des transports privés, la surutilisation est plus élevée dans le mode 2 que dans le mode 1.

$$\delta) \pi_2 = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} + V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2} + \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \right) < \pi_2^{\text{***}}$$

(cfr annexe IV; point 1.2)

2.2. Non intervention dans les transports privés ($\pi_2 = 0$) (cfr partie 3; point 3.2)

$$\text{MAX}_{V_1, V_2} L = U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1, V_2) - V_2 \cdot C_2(V_1, V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2(V_1, V_2) \right)$$

2.2.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_2} \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2$$

$$2.2.2. \alpha) \text{Ums}_2 - \text{Cms}_2 = -\left(V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} + V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \right) < 0$$

d'où $\lambda > 0$

$$\beta) \text{Ums}_1 - \text{Cms}_1 = \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) < 0$$

$$\gamma) \frac{U_{ms_1} - C_{ms_1}}{U_{ms_2} - C_{ms_2}} = \frac{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right)}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right)}$$

$$< 1 \text{ si } \frac{\delta C_2}{\delta V_2} > \frac{\delta C_2}{\delta V_1}$$

Si un usager des transports privés provoque un accroissement du coût des transports privés plus élevé que celui qui est engendré par un utilisateur supplémentaire des TPU, alors la surutilisation est plus forte dans les transports privés que dans les TPU.

d1. Si les TPU sont tarifés à C_1

$$\pi_1 = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 = V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} + V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} + \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right)$$

$< \pi_1$ *** (cfr annexe IV; point 1.2)

π_1 peut être négatif | si $V_1 = V_2 = 0$
 | si $\frac{\delta C_1}{\delta V_1}$ et $\frac{\delta C_2}{\delta V_1}$ petits
 | si λ grand

d2. Si les TPU tarifés à C_{ms_1}

$$\pi_1 = \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) \quad \text{toujours} < 0$$

2.3. Non intervention dans les transports privés ($\pi_2 = 0$)

Subside aux TPU ($\pi_1 < 0$) limité à M maximum (cfr partie 3; point 3.3.)

2.3.1. TPU tarifés à C_1

$$\text{MAX } L = U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1, C_2) - V_2 C_2(V_1, V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2(V_1, V_2) \right) \\ V_1, V_2 - \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1(V_1, V_2) \right) V_1 - M \right]$$

2.3.1.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) \\ - \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_1} \right) \right] = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_2} \right) - \mu \left(-V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \right) \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \mu} = -V_1 \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - M \leq 0$$

2.3.1.2.

$$\alpha) \text{ Ums}_2 - \text{Cms}_2 < 0$$

$$\beta) \text{ Ums}_1 - \text{Cms}_1 < 0$$

$$\gamma) \frac{\text{Ums}_1 - \text{Cms}_1}{\text{Ums}_2 - \text{Cms}_2} = \frac{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2 \delta V_1} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) + \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_1} \right) \right]}{\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_2} \right) + \mu \left(-V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \right) \right)} \\ < 1 \text{ SI } \mu = 0 \text{ ET } \frac{\delta C_2}{\delta V_2} > \frac{\delta C_2}{\delta V_1}$$

$$\langle I \mid \text{SI } \mu > 0 \text{ ET } \frac{\delta C_1}{\delta V_1} \geq \frac{\delta C_1}{\delta V_2} \text{ OU } - \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) \text{ élevé}$$

$$\begin{aligned} \delta) \quad \pi_1 &= \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 = V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} + V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} + \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) \\ &+ \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_1} \right) \right] \end{aligned}$$

< à π_1 du modèle 2.2. (cfr annexe IV 2.2. d.1.)

2.3.2. TPU tarifés à Gms₁

1er cas Subside-profit $\leq M$

(cfr annexe IV; 2.3.1., 2.3.1.1., 2.3.1.2.) sauf pour π_1
qui dans ce cas est égal à :

$$\lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) + \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_1} \right) \right]$$

2ième cas : subside $\leq M$

$$\begin{aligned} \text{MAX}_{V_1, V_2} L &= U(V_1, V_2) - V_1 \cdot C_1(V_1, V_2) - V_2 \cdot C_2(V_1, V_2) - \lambda \left(\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2(V_1, V_2) \right) \\ &- \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) - V_1 - M \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta. \quad \frac{\delta L}{\delta V_1} &= \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) \\ &- \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) - V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_1 \frac{\delta^2 C_1}{\delta V_1^2} \right) \right. \\ &\quad \left. - V_2 \frac{\delta^2 C_2}{\delta V_1^2} \right] = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_2} - \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_2} \right) - \mu \left[-V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} - V_1 \frac{\delta^2 C_1}{\delta V_1 \delta V_2} - V_2 \frac{\delta^2 C_2}{\delta V_1 \delta V_2} \right) \right] = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = \left(\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \mu} = -V_1 \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) \leq M$$

b. $U_{ms_2} - C_{ms_2} < 0$

c. $U_{ms_1} - C_{ms_1} < 0$

d. $\frac{U_{ms_1} - C_{ms_1}}{U_{ms_2} - C_{ms_2}} < 1$ si $\mu = 0$ et $\frac{\delta C_2}{\delta V_2} > \frac{\delta C_2}{\delta V_1}$
 < 1 si $M > 0$ et $\frac{\delta C_2}{\delta V_2} > \frac{\delta C_2}{\delta V_1}$ et $-\left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right)$ élevé

ou $\left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_1 \frac{\delta^2 C_1}{\delta V_1^2} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) >$
 $\left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_1}{\delta V_2} - V_1 \frac{\delta^2 C_1}{\delta V_1 \delta V_2} - V_2 \frac{\delta^2 C_2}{\delta V_1 \delta V_2} \right)$

e. $\pi_1 = \lambda \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} - \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) + \mu \left[- \left(\frac{\delta U}{\delta V_1} - C_1 - V_1 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_1} \right) \right]$

$$- V_1 \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{\delta C_1}{\delta V_1} - V_1 \frac{\delta^2 C_1}{\delta V_1^2} - V_2 \frac{\delta^2 C_2}{\delta V_1^2} \right)$$

ANNEXE V : LES CONDITIONS DE SECOND ORDRE RELATIVES
 AU MODELE DE LA PARTIE 3.

Pour éviter de trop lourdes manipulations, nous ferons l'hypothèse de linéarité des fonctions de coût et de demande (cfr graphiques 3ième partie, point 5).

La fonction d'utilité est, elle, dérivable au second degré cependant, car elle peut être remplacée par l'intégrale de la fonction de demande.

Nous supposons que la suppression de l'hypothèse de linéarité ne nous empêchera pas d'atteindre un maximum.

Il nous faut donc admettre que les fonctions sont régulières et que nous n'aurons donc pas de maximum local.

1. MODELE D'INTERVENTION OPTIMALE (cfr partie 3, point 2)

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dc_1}{dV_1} < 0$$

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_2^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - 2 \frac{dc_2}{dV_2} < 0$$

2. SECOND BEST

2.1. Non intervention dans le mode 1 ($\pi_1 = 0$). (cfr partie 3; point 3.1)

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dc_1}{dV_1} < 0$$

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_2^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - 2 \frac{dc_2}{dV_2} < 0$$

2.2. Non intervention dans les transports privés ($\pi_2 = 0$) (cfr partie 3 point 3.2)

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dc_1}{dV_1} < 0$$

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_2^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - 2 \frac{dc_2}{dV_2} < 0$$

2.3. $\pi_2 = 0$; $\pi_1 < 0$; subside maximum = M.

2.3.1. TPU tarifés à C_1 (cfr partie 3 ; point 3.3.1.)

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} - \mu \left[- \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right) - \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - \frac{dC_1}{dV_1} \right) \right] < 0$$

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_2^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - 2 \frac{dC_2}{dV_2} - \mu \left(- \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right) < 0$$

2.3.2. TPU tarifés à Cms_1

1er cas (cfr partie 3; point 3.3.2; 1er cas)

idem que pour 2.3.1. ci-dessus

2ième cas (cfr partie 3; point 3.3.2.; 2ième cas)

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_1^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} - \mu \left[- \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} \right) - \left(\frac{\delta^2 U}{\delta V_1^2} - 2 \frac{dC_1}{dV_1} \right) \right] < 0$$

$$\frac{\delta^2 L}{\delta V_2^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - 2 \frac{dC_2}{dV_2} - \mu \left(- \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \right) < 0$$

Dans tous les cas, les conditions de second ordre sont satisfaites.

1. DEFINITION DES VARIABLES & RELATIONS DE BASE

1.1. * U = Utilité collective

- * V = Nombre de personnes transportées (V_1 et V_2 se rapportant respectivement aux TPU et aux transports privés avec $V_1 + V_2 = V$)
- * R = Nombre de véhicules de TPU mis en circulation
- * C_R = Coût moyen de fonctionnement d'un véhicule de TPU pour l'entreprise de TPU
- * C_2 = Coût moyen dans les transports privés
- * T = Temps nécessaire pour effectuer un trajet (T_1 et T_2 se rapportant respectivement aux TPU et aux transports privés.)
- * α = capacité des véhicules de TPU.

1.2. * $U = U(V_1, V_2, T_1, T_2)$ avec $\frac{\delta U}{\delta V_1}, \frac{\delta U}{\delta V_2} \geq 0$ et $\frac{\delta U}{\delta T_1}, \frac{\delta U}{\delta T_2} < 0$

Notons que $\frac{\delta U}{\delta V_1}$ et $\frac{\delta U}{\delta V_2}$ sont des utilités marginales relatives à des individus, tandis que $\frac{\delta U}{\delta T_1}$ et $\frac{\delta U}{\delta T_2}$ sont des utilités marginales relatives à des collectivités

* $T_1 = T_1(R)$ avec $\frac{dT_1}{dR} < 0$

On suppose donc que lorsque le nombre de véhicules de TPU augmente, le temps nécessaire pour effectuer un trajet diminue.

Ceci revient à admettre que les gains en termes de temps d'attente sont moins que compensés par les éventuelles pertes de temps dues aux encombrements au sein même des TPU.

* $T_2 = T_2(V_2)$ avec $\frac{dT_2}{dV_2} > 0$

* La fonction d'utilité peut donc être réexprimée ainsi :

$U = U(V_1, V_2, T_1(R), T_2(V_2)) = U(V_1, V_2, R)$

* $C_R = C_R(R)$ avec $\frac{dC_R}{dR} > 0$

* $C_2 = C_2(V_2)$ avec $\frac{dC_2}{dV_2} > 0$ Notons que l'on suppose une proportion passagers-véhicules privés constante.

* $V_1 - \alpha R \leq 0$: le nombre de voyageurs des TPU ne peut donc pas dépasser le nombre total de places offertes (= capacité multipliée par le nombre de véhicules)
 De plus, nous faisons abstraction du caractère périodique de la demande, ce qui nous amène à supposer que les véhicules de TPU sont toujours remplis avec la même intensité mais pas nécessairement à 100%.

2. TARIFICATION OPTIMALE DANS LES DEUX MODES

$$\text{Max } L = U(V_1, V_2, R) - R \cdot C_R(R) - V_2 \cdot C_2(V_2) - \lambda (V_1 - \alpha R)$$

V_1, V_2, R

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - \lambda = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} + \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{dT_2}{dV_2} - C_2 - V_2 \frac{dC_2}{dV_2} = 0 \tag{2}$$

$$\frac{\delta L}{\delta R} = \frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{dT_1}{dR} - C_R - R \cdot \frac{dC_R}{dR} + \alpha \lambda = 0 \tag{3}$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = V_1 - \alpha R \leq 0 \tag{4}$$

2.2. Si $V_1 - \alpha R < 0$, la capacité des TPU n'est donc pas pleinement utilisée, et λ est nécessairement égal à zéro.

2.2.1. Dans (1), si $\lambda = 0$, $\frac{\delta U}{\delta V_1} = 0$

Si l'on suppose, en effet, que la capacité n'est pas entièrement utilisée, il faut que l'on se trouve à un point de la fonction d'utilité tel que la hausse du nombre de voyageurs de TPU n'engendre plus d'accroissement de l'utilité.

Ceci est nécessairement vérifié car les coûts des TPU ne sont fonction que du nombre d'usagers des TPU.

On ne peut donc pas atteindre un maximum de la fonction objectif (utilité moins coûts) si

$\frac{\delta U}{\delta V_1}$ est > 0 car, dans un tel cas, la hausse du nombre d'usagers des TPU entraînerait une hausse du niveau d'utilité sans provoquer de hausse du niveau des coûts et, de ce fait, le niveau qu'atteint la fonction objectif pourrait être augmenté.

2.2.2. Dans (2), on a que $Ums_2 - Cms_2 = 0$.

La taxe optimale est donc égale à $\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2$

soit $V_2 \frac{dC_2}{dV_2} - \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{dT_2}{dV_2}$

Chaque usager des transports privés paiera donc d'une part, l'accroissement des coûts subis par les autres, et, d'autre part, la perte d'utilité subie également par la totalité des usagers des transports privés du fait de la hausse du temps nécessaire pour parcourir un trajet.

2.2.3. Dans (3) $Ums_R - Cms_R = 0$

La taxe $R \frac{dC_R}{dR}$ sera donc payée à l'optimum par les utilisateurs

d'un véhicule de TPU car l'accroissement d'utilité dont bénéficient les utilisateurs des TPU ne peut se réaliser que via la hausse de R, ce qui engendre une hausse des coûts payés par les usagers des véhicules de TPU.

Notons que $C_R + R \frac{dC_R}{dR}$ représente le prix qui sera payé dans les TPU, mais par véhicule. Le prix payé par chacun des usagers des TPU étant égal, lui à $C_R + \frac{dC_R}{dR}$ divisé par le nombre de voyageurs dans chaque véhicule.

2.3. Si $V_1 - \alpha R = 0$, la capacité des véhicules de TPU est entièrement utilisée et λ est différent de zéro.

2.3.1. Dans (1) on a que λ est > 0 car $\frac{\delta U}{\delta V_1} > 0$

2.3.2. Rien ne change concernant la taxe optimale à imposer dans les transports privés puisque λ n'intervient pas dans l'équation (2).

2.3.3. Si l'on remplace λ par sa valeur de l'équation (1), on a dans (3)

que
$$\frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{dT_1}{dR} + \alpha \frac{\delta U}{\delta V_1} = C_R + R \frac{dC_R}{dR}$$

L'utilité marginale sociale globale est donc égale au coût marginal social et la taxe optimale est toujours égale à $R \frac{dC_R}{dR}$.

3. SECOND BEST

A la fonction de base, nous ajoutons la contrainte de non intervention dans les transports privés, soit

$$C_2 - \frac{\delta U}{\delta V_2} = 0 \quad (\text{cfr 2.1. équation (2)})$$

La fonction devient donc

$$\text{Max}_{V_1, V_2, R} L = U(V_1, V_2, R) - R \cdot C_R(R) - V_2 \cdot C_2(V_2) - \lambda (V_1 - \alpha R) - \mu (C_2(V_2) - \frac{\delta U}{\delta V_2})$$

3.1. Conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - \lambda + \mu \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} + \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{dT_2}{dV_2} - C_2 - V_2 \frac{dC_2}{dV_2} - \mu \left(\frac{dC_2}{dV_2} - \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta^2 U}{\delta T_2 \delta V_2} \cdot \frac{dT_2}{dV_2} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\delta L}{\delta R} = \frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{dT_1}{dR} - C_R - R \cdot \frac{dC_R}{dR} + \alpha \lambda + \mu \left(\frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR} \right) = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = V_1 - \alpha R \leq 0 \quad (4)$$

$$\frac{\delta L}{\delta \mu} = C_2 - \frac{\delta U}{\delta V_2} = 0 \quad (5)$$

3.2. Si $V_1 - \alpha R < 0$, alors $\lambda = 0$ et $\frac{\delta U}{\delta V_1} = 0$ (cfr annexe 2.2.1.)

3.2.1. Dans (2) on a que $U_{ms_2} - C_{ms_2} < 0$ car

$$\frac{\delta U}{\delta V_2} - C_2 = 0 \quad (\text{éq 5}) \quad \text{et} \quad \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{dT_2}{dV_2} - V_2 \frac{dC_2}{dV_2} < 0$$

$$\text{Si } U_{ms_2} - C_{ms_2} < 0, \text{ alors } \mu \left(\frac{dC_2}{dV_2} - \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta^2 U}{\delta T_2 \delta V_2} \frac{dT_2}{dV_2} \right) < 0$$

μ est donc nécessairement < 0 car $\frac{dC_2}{dV_2}$ est > 0 et les autres termes

$$\frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} \quad \text{et} \quad \frac{\delta^2 U}{\delta T_2 \delta V_2} \frac{dT_2}{dV_2} \quad \text{sont négatifs mais précédés du signe } -.$$

3.2.2. Dans (1) si $\lambda = 0$ et $\frac{\delta U}{\delta V_1} = 0, \mu \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} = 0$

Comme μ est < 0 , il faut nécessairement que $\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$ soit égal à zéro.

Au point considéré, l'utilité marginale par rapport à V_1 ne diminue plus.

3.2.3. Dans (3), $U_{ms_R} - C_{ms_R} = -\mu \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR}$

Le signe de cette expression est donc fonction du signe de $\frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR}$

Si $\frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR} = 0$, il n'y a pas de surutilisation dans les TPU.

3.3. Si $V_1 - \alpha R = 0$, alors $\lambda \neq 0$

3.3.1. Dans (2) rien n'est modifié par rapport au cas où $V_1 - \alpha R < 0$ (cfr 3.2.1.)

3.3.2. Dans (1), $\frac{\delta U}{\delta V_1} = \lambda - \mu \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$

comme $\mu < 0$ (cfr 3.2.1.) $\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} \leq 0$ et $\frac{\delta U}{\delta V_1} > 0$, il vient que $\lambda > 0$

3.3.3. Dans (3) on a que

$$\frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{dT_1}{dR} + \alpha \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_R \frac{dC_R}{dR} = -\mu \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR} - \alpha \mu \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$$

Si l'on admet que $\frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR}$ est faible, alors nécessairement

$U_{ms_R}(\text{totale}) - C_{ms_R} < 0$ car μ et $\frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$ sont < 0 .

Le nombre de véhicules mis en circulation (R) sera donc plus élevé que celui que l'on aurait sans la contrainte de non intervention dans les transports privés.

En plus, si, au départ, les TPU sont tarifés à C_R , la taxe de second best sera égale à

$$R \frac{dC_R}{dR} - \mu \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR} - \alpha \mu \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}$$

$$\text{Enfin } R = \frac{\frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{dT_1}{dR} + \alpha \frac{\delta U}{\delta V_1} - C_R + \mu \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{dT_1}{dR} + \alpha \mu \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2}}{\frac{dC_R}{dR}}$$

Ce qui donne que R sera d'autant plus élevé que, toutes choses égales par ailleurs, U_{ms_R} sera élevée.

4. LES CAS D'INTERACTION

4.1. Tarification optimale dans les deux modes (cfr point 2)

$$\text{Max } L = U(V_1, V_2, T_1(R, V_2), T_2(V_2, R)) - R \cdot C_R(R, V_2) - V_2 \cdot C_2(V_2; R) - (V_1 - \alpha R)$$

V_1, V_2, R

$$4.1.1. \frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - \alpha = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} + \frac{\delta T_2}{\delta V_2} \frac{\delta U}{\delta T_2} + \frac{\delta T_1}{\delta V_2} \frac{\delta U}{\delta T_1} - C_2 - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} - R \frac{\delta C_R}{\delta V_2} = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta R} = \frac{\delta U}{\delta R} + \frac{\delta T_1}{\delta R} \frac{\delta U}{\delta T_1} + \frac{\delta T_2}{\delta R} \frac{\delta U}{\delta T_2} - C_R - R \frac{\delta C_R}{\delta R} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta R} + \alpha \lambda = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = V_1 - \alpha R \leq 0$$

4.1.2. Si $V_1 - \alpha R < 0$, $\lambda = 0$ et $\frac{\delta U}{\delta V_1} = 0$

$$U_{ms_2} - C_{ms_2} = 0 ; \text{ taxe dans mode 2} = V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} + R \frac{\delta C_R}{\delta V_2} - \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{\delta T_2}{\delta V_2} - \frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{\delta T_1}{\delta V_2}$$

$$U_{ms_R} - C_{ms_R} = 0 ; \text{ taxe dans mode 1} = R \frac{\delta C_R}{\delta R} + V_2 \frac{\delta C_2}{\delta R} - \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{\delta T_2}{\delta R}$$

4.1.3. Si $V_1 - \alpha R = 0$; $\lambda \neq 0$

$$\frac{\delta U}{\delta V_1} \geq 0 \text{ donc } > 0$$

$$U_{ms_R}(\text{totale}) - C_{ms_R} = 0$$

$$\text{taxe} = R \frac{\delta C_R}{\delta R} + V_2 \frac{\delta C_2}{\delta R} - \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{\delta T_2}{\delta R}$$

4.2. Second best

$$\text{Max}_{V_1, V_2, R} L = U(V_1, V_2, T_1(R, V_2), T_2(V_2, R)) - R \cdot C_R(R, V_2) - V_2 \cdot C_2(V_2, R) - (V_1 - \alpha R) - (C_2(V_2, R) - \frac{\delta U}{\delta V_2})$$

4.2.1.

$$\frac{\delta L}{\delta V_1} = \frac{\delta U}{\delta V_1} - \lambda + \mu \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2} = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta V_2} = \frac{\delta U}{\delta V_2} + \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{\delta T_2}{\delta V_2} + \frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{\delta T_1}{\delta V_2} - C_2 - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta V_2} - R \frac{\delta C_R}{\delta V_2} - \mu \left(\frac{\delta C_2}{\delta V_2} - \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta T_2}{\delta V_2} \frac{\delta^2 U}{\delta T_2 \delta V_2} - \frac{\delta T_1}{\delta V_2} \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta R} = \frac{\delta U}{\delta T_1} \frac{\delta T_1}{\delta R} + \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{\delta T_2}{\delta R} - C_R - R \frac{\delta C_R}{\delta R} - V_2 \frac{\delta C_2}{\delta R} + \alpha \lambda - \mu \left(\frac{\delta C_2}{\delta R} - \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2 \delta R} - \frac{\delta^2 U}{\delta T_2 \delta V_2 \delta R} \right) = 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \lambda} = V_1 - \alpha R \leq 0$$

$$\frac{\delta L}{\delta \mu} = C_2 - \frac{\delta U}{\delta V_2} = 0$$

4.2.2. $U_{ms_2} - C_{ms_2} < 0$, donc $\left(\frac{\delta C_2}{\delta V_2} - \frac{\delta^2 U}{\delta V_2^2} - \frac{\delta T_2}{\delta V_2} \frac{\delta^2 U}{\delta T_2 \delta V_2} - \frac{\delta T_1}{\delta V_2} \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \right) < 0$

Si l'on admet que $\frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2}$ est faible

alors μ est nécessairement < 0

$U_{ms_R} - C_{ms_R}$ ou $U_{ms_R}(\text{totale}) - C_{ms_R} < 0$

- 4.2.3. La taxe optimale est quelque peu différente de celle que nous avons obtenue sans interaction. Cette nouvelle taxe tient, en effet, compte des variations de coût et de temps engendrées dans un mode par la hausse du nombre de voyageurs (ou de véhicules) dans l'autre.

Taxe optimale dans TPU :

$$R \frac{\delta C_R}{\delta R} + V_2 \frac{\delta C_2}{\delta R} - \frac{\delta U}{\delta T_2} \frac{\delta T_2}{\delta R} + \mu \left(\frac{\delta C_2}{\delta R} - \frac{\delta^2 U}{\delta T_1 \delta V_2} \frac{\delta T_1}{\delta R} - \frac{\delta^2 U}{\delta T_2 \delta V_2} \frac{\delta T_2}{\delta R} \right) \\ (- \text{au } \frac{\delta^2 U}{\delta V_1 \delta V_2})$$

L'intérêt de cette seconde présentation par rapport à celle que nous avons faite dans la troisième partie réside dans le fait que l'on considère une utilité collective sensible au temps passé dans les transports.

Les agents demandeurs de transport prennent donc en considération non seulement le prix qu'ils payent, mais aussi le temps nécessaire pour effectuer un trajet.

La tarification optimale dans les TPU, lorsque l'on ne peut intervenir dans les transports privés, aura comme effet de limiter la surutilisation des transports privés par une surutilisation des TPU

Toutefois, le mouvement des voyageurs du mode privé vers le mode public se fera grâce à deux variables à savoir le prix et le temps du trajet.

Outre le niveau optimal du prix, le modèle fournit le nombre optimal de véhicules de TPU et ce nombre est, toutes choses égales par ailleurs, directement proportionnel à l'intérêt que la collectivité accorde au temps de transport.

Enfin, le choix de la capacité optimale des véhicules de TPU (α) devra lui aussi se faire en tenant compte, entre autres, de l'utilité marginale sociale par rapport au temps dans les TPU et du nombre de véhicules de TPU mis en circulation.

/21/ AUFENGER M.

"Trafic d'équilibre sur un axe de circulation urbaine et répartition des usagers entre transport en commun et transport privé".

in *Transportation Research* 1968, vol 2, p.99

/22/ DALY A.J.

"Elasticity of travel demand for public transport"

in "Public transport fares symposium"

held at the Transport and Road Research Laboratory (28-30 November 1973)

CROWTHORNE, BERKSHIRE, UK

/23/ de DONNEA

"The determinants of transport mode choice in Dutch cities"

ROTTERDAM UNIVERSITY PRESS

/24/ HARRISON A.J. & DOUGLAS A.

"Effects of fares on journey types"

in "Public transport fares symposium"

held at the Transport and Road Research Laboratory

(28-30 Nov. 73) CROWTHORNE, BERKSHIRE, UK

/25/ HARRISON A.J. & QUARMBY D.A.

"The value of time"

in "Cost Benefit Analysis"

Penguin modern economics readings p.172 - 208

/26/ HERMANN E.

"Étude du coût de la gratuité pour les migrants alternants voyageurs par la SNCB"

Mémoire présenté en vue de l'obtention du graduat en Sciences Sociales du Travail, Institut Supérieur de Culture Ouvrière

/27/ JONES I.S.

"Gravity models and generated traffic"

Journal of transport economics and policy

May 1970 ; p.208-211

/28/ Mc INTOSH P.P. & QUARMBY D.A.

"Generalised costs, and the estimation of movement costs
and benefits in transport planning"

M.A. J. note 179 déc. 1970

Departement of Environment, UK

/29/ SHERMAN R.

"Subsidies to relieve urban traffic congestion"

Journal of Transport Economics and Policy

Janv. 1972, p. 22-31

/30/ SHERMAN R.

"Club ~~subscriptions~~ for public transport passengers"

Journal of Transport Economics and Policy

Sept. 1967, p. 237-242

/31/ TANNER J.C., GYENES L., LYNAM D.A., MAGEE S.V.
& TULPULÉ A.H.

"Development and calibration of the cristal transport
planning model"

Transport and Road Research Laboratory

Department of Environment

TRRL Report LR 574

/32/ UNION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS PUBLICS

"Rapports de Congrès"

/33/ UNION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS PUBLICS

"U.I.T.P. Revue"

/34/ VICKREY W.

"Optimization of traffic and facilities"

Journal of Transport Economics and Policy

May 1967, p. 123-136

/35/ WALTERS A.

"The theory of measurement of private and social cost of
highway congestion"

Econometrica 29 (1961) p. 676-699

/36/ "TRANSPORT"

Penguin modern economics : selected readings

/37/ "ROAD PRICING : The economic and technical possibilities"

*Ministry of transport
London, H.M.S.O.*

/38/ "DEUXIEME SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA THEORIE ET LA PRATIQUE
DANS L'ECONOMIE DES TRANSPORTS"

Conférence européenne des Ministres des Transports

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

REMARQUE LIMINAIRE

PREMIERE PARTIE : <u>Les politiques possibles en matière de transports urbains</u>	I.-1
CHAPITRE 1 : objectifs des politiques	I.-2
A.: La décongestion	I.-2
B.: Les objectifs "sociaux"	I.-3
CHAPITRE 2 : Les politiques possibles en matière de transport urbain	I.-4
A.: La politique à long terme	I.-4
B.: Les politiques coercitives	I.-4
C.: Les politiques à court, moyen terme	I.-5
1. <i>Tarifification de l'espace routier</i>	I.-5
2. <i>Politique de parking</i>	I.-6
3. <i>Politique tarifaire dans les TPU</i>	I.-7
CHAPITRE 3 : Les critères de choix entre les politiques en matière de transport	I.-9
A.: Analyse graphique : la décongestion	I.-9
B.: Le coût des politiques	I.-13
C.: Les effets secondaires	I.-13
CONCLUSION	I.-16
BIBLIOGRAPHIE lière PARTIE	B ₁ - B ₂
DEUXIEME PARTIE : <u>La politique de gratuité des TPU</u>	II.-1
CHAPITRE 1 : Les "défenseurs" des TPU gratuits	II.-2
A.: The Cristal Model	II.-2
B.: The Single Link Model	II.-5
C.: D.A. QUARMBY	II.-6

CHAPITRE 2. : Les adversaires des TPU gratuits	II.-9
A. : H.J.BAUM	II.-9
B. : R.GUTNECHT	II.-17
C. : DOMENCICH & KRAFT	II.-18
TABLEAU 1. : Tableau récapitulatif des coûts et bénéfices envisagés par les études présentées aux chapitres 1 et 2	II.-19
CHAPITRE 3. : Les expériences pratiques réalisées	II.-20
A. : ROME	II.-20
B. : ATLANTA	II.-23
TABLEAU 2. : Renseignements généraux relatifs aux expériences de ROME et ATLANTA	II.-24b
C. : Conclusions	II.-25
CHAPITRE 4. : Le point de vue de l'entreprise de TPU	II.-26
A. : Désavantages de la gratuité des TPU	II.-26
B. : Avantages de la gratuité des TPU	II.-28
CONCLUSION	II.-30
BIBLIOGRAPHIE DEUXIEME PARTIE	B ₃ - B ₄
ROISIEME PARTIE : <u>La détermination de la tarification optimale des modes de transport au moyen d'un modèle théorique</u>	III.- 1
1. : Définition des variables et relations de base	III.- 2
2. : Le modèle d'intervention optimale	III.- 3
3. : Les cas de second best	III.- 4
3.1. Non intervention dans les transports publics	III.- 4
3.2. Non intervention dans les transports privés	III.- 6
3.3. Non intervention dans les transports privés Plafond pour l'octroi d'un subside aux TPU	III.- 9
TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS	III.-15
4. : Conclusions du modèle	III.-16
5. : Explicitation graphique	III.- 18
5.1. Non intervention et intervention optimale	III.-23
5.2. Non intervention dans les TPU et l'intervention optimale	III.-24

5.3. Non intervention dans les transports privés et l'intervention optimale	III.-24
5.4. Road Pricing et baisse du prix des TPU	III.-25

BIBLIOGRAPHIE TROISIEME PARTIE

B₅

QUATRIEME PARTIE : <u>La situation des TPU à Bruxelles</u>	IV.- 1
1. : La politique tarifaire de 1946 à 1953	IV.- 2
2. : La situation financière de la STIB	IV.- 2
3. : Parallèle entre l'actuelle politique tarifaire de la STIB et le modèle théorique de la 3ième partie	IV.- 4
4. : La politique tarifaire de la STIB : échec ou réussite ?	IV.- 6
5. : Le renversement de la tendance de la demande de 1969 à 1973	IV.- 8
6. : Conclusion	IV.-11

CONCLUSION GENERALE

ANNEXES

I. : La valeur du temps passé dans les transports d'après la méthode de M.BEESLEY	
II. : Classement des déterminants de la demande de transport : 11 études empiriques	
III. : Le modèle de demande de DOMENCICH & KRAFT	
IV. : Extension du modèle présenté dans la partie 3 : interaction entre les deux modes au niveau des coûts	
V. : Les conditions de second ordre relatives au modèle de la partie 3	
VI. : Complément au modèle de la troisième partie : introduction de la variable "temps"	

BIBLIOGRAPHIE GENERALE

B₆ à B₈