



COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

# ETUDES

*Problèmes posés  
par l'application pratique  
d'une tarification  
pour l'utilisation  
des infrastructures routières*

## CORRIGENDUM

à l'ouvrage

**« Problèmes posés par l'application pratique d'une tarification  
pour l'utilisation des infrastructures routières »**

Série transports n° 2 — N° de catalogue 8255

Le tableau n° 3 repris au verso remplace le texte incomplet de la  
page 51 de l'édition imprimée.

TABLEAU N° 3

Consommation d'essence par voiture de tourisme (gallons)

	1940	1945	1950	1950	1950	1957	1958	1959	1960	1961	1962
	594	517	603	644	652	664	666	661	658	654	

Taxes cents/gallon

	1940	1941	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1960	1963
Taxe fédérale	1-1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5-2	2	2	2	2	2-3	4	4
États, moyenne	3,96	3,99	4,16	4,25	4,35	4,52	4,65	4,74	4,83	5,10	5,19	5,35	5,54	5,94	6,22
Total:	5,46	5,49	5,66	5,75	5,85	6,02	6,15	6,74	6,83	7,10	7,19	7,35	7,54	8,54	10,22
	4,96							6,24							

	1940	1946	1947	1948	1949	1950	1952	1953	1954	1955	1956	1960	1963
Prix hors taxes	9,08	10,40	12,33	14,55	15,05	15,10	15,27	15,95	16,19	16,18	16,34	16,08	15,22
Taxes	5,46	5,66	5,75	5,85	6,02	6,15	6,83	7,10	7,19	7,35	8,04	9,94	10,22
Total:	14,54	16,06	18,08	20,40	21,07	21,25	22,10	23,05	23,38	23,53	24,38	26,02	25,44
Pouvoir d'achat (1957-1959 = 100)	2,048	1,471	1,285	1,194	1,205	1,194	1,081	1,072	1,069	1,071	1,056	0,971	0,937
Prix essence en \$ constants (1957-1959)	29,4	23,8	23,2	24,4	25,4	25,3	23	23,8	24,2	25,2	25,5	25,3	23,9
Parcours en km		9 947	9 732	9 573	9 401	9 020	9 378	9 370	9 308	9 359	9 348	9 446	9 378

Sources: Statistical abstract 1963-1964  
Historical Statistics from Colonial Times to 1957, Série Q, 32-8329, p. 567

*Problèmes posés par l'application pratique  
d'une tarification pour l'utilisation des  
infrastructures routières*

Rapport établi sur demande de la  
Commission des Communautés européennes

par M. René Malcor,  
ingénieur général des ponts et chaussées

## TABLE DES MATIÈRES

### AVANT-PROPOS DE LA COMMISSION

Pages

#### Chapitre 1. Introduction

1.0	Objet de l'étude . . . . .	9
1.1	Définition du système des péages économiques. . . . .	9
1.2	Définition du système de l'équilibre budgétaire . . . . .	9
1.21	Équilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt . . . . .	9
1.22	Équilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt . . . . .	9
1.3	Référence au Rapport Allais "Options de la politique tarifaire dans les Transports" . . . . .	9
1.4	Référence aux éléments d'appréciation non contenus dans le Rapport Allais . . . . .	11
1.41	« Road Pricing » . . . . .	11
1.42	Théorie du concurrent . . . . .	11
1.43	« Road Pricing » et équilibre budgétaire . . . . .	12
1.44	Élasticité de la demande d'essence . . . . .	12
1.45	Capacité économique . . . . .	12
1.46	Rentes . . . . .	13
1.47	Situations économiques quasi optimales . . . . .	12
1.48	Déséquilibre des réseaux ruraux et urbains . . . . .	12
1.49	Faiblesse des péages de coût . . . . .	13
1.5	Comparaison pratique des différentes options . . . . .	13
1.51	Théorie des péages économiques . . . . .	13
1.51.1	Application rigoureuse . . . . .	13
1.51.2	Application pragmatique . . . . .	14
1.52	« Road Pricing » . . . . .	14
1.53	Système américain (« Pay as you go ») . . . . .	14
1.54	Option de l'équilibre budgétaire . . . . .	15
1.55	Politique fiscaliste . . . . .	15
1.56	Importance des recommandations relatives à la diminution de la pression tarifaire sur les usagers . . . . .	15
1.57	Équilibre budgétaire et égalité des conditions de départ . . . . .	16
1.58	Importance des recommandations relatives à l'harmonisation des taxes sur les carburants au niveau le plus bas . . . . .	16
1.6	Conclusions essentielles du rapport. . . . .	16
1.7	Dispositions transitoires – Rythme de réalisation . . . . .	16
1.71	Période transitoire . . . . .	16
1.72	Première phase . . . . .	17
1.73	Deuxième phase . . . . .	17
1.8	Plan du rapport . . . . .	17

### PREMIÈRE PARTIE

#### DONNÉES ET RECHERCHES

#### Chapitre 2. Données

2.0	Résumé . . . . .	21
2.1	La situation actuelle dans le domaine des recettes et des dépenses . . . . .	21
2.10	Résumé . . . . .	21
2.11	Coût des infrastructures routières . . . . .	21
2.12	Caractéristiques des fiscalités spécifiques européennes actuelles . . . . .	22
2.13	Rentes et plus-values des rentes . . . . .	24

	Pages
2.13.1 L'accaparement à la source de la plus-value . . . . .	25
2.13.2 La fiscalité foncière . . . . .	25
2.13.21 Impôt sur la valeur . . . . .	25
2.13.22 Impôts sur la plus-value . . . . .	26
2.14 Comparaison dépenses-recettes routières . . . . .	26
2.2 Budget et gestion des sociétés autoroutières . . . . .	28
2.20 Résumé . . . . .	28
2.21 Autoroutes italiennes – Organisation de la société «Autostrade» (groupe de l'IRI) . . . . .	29
2.22 Autoroutes à péages françaises . . . . .	30
2.23 Autoroutes urbaines dans Tokyo . . . . .	31
2.3 Les techniques de perception des prix pour l'utilisation des infrastructures routières . . . . .	31
2.30 Résumé . . . . .	31
2.31 La perception des péages. . . . .	32
2.31.1 Les modes de perception . . . . .	32
2.31.2 Le système dit «fermé» . . . . .	32
2.31.3 Le système dit «ouvert» . . . . .	32
2.31.4 Le système mixte . . . . .	33
2.31.5 Les coûts de perception . . . . .	33
2.31.51 Système ouvert . . . . .	33
2.31.52 Système fermé . . . . .	34
2.32 Méthodes directes . . . . .	35
 <i>Chapitre 3. Recherches récentes concernant les problèmes économiques de la circulation</i>	
3.0 Résumé . . . . .	36
3.1 Prix du temps . . . . .	36
3.10 Résumé . . . . .	36
3.11 Prix du temps . . . . .	36
3.2 « Road Pricing » ou théorie de la congestion . . . . .	38
3.3 Modèle du professeur Allais. . . . .	39
3.4 Imputation des coûts. . . . .	39
3.40 Généralités . . . . .	39
3.41 Les essais AASHO . . . . .	40
3.42 « Highway cost allocation study » . . . . .	43
3.5 Études sur la demande . . . . .	45
3.50 Généralités . . . . .	45
3.51 Lois de la demande – essence et voitures . . . . .	46
3.51.0 Résumé . . . . .	46
3.51.1 Recherches sur la demande d'essence . . . . .	46
3.51.2 Recherches sur la demande de voitures . . . . .	50
3.52 Lois de demande de transport . . . . .	52
3.6 Recherches sur le problème urbain . . . . .	52
 <i>Chapitre 4. Études complémentaires</i>	
4.0 Introduction . . . . .	54
4.1 Recherches complémentaires sur la théorie du « Road Pricing » et liaison avec la théorie du concurrent . . . . .	54
4.2 Demande de transport . . . . .	56
4.3 Recherches complémentaires sur le cas urbain . . . . .	56
4.4 Données et recherches sur la saturation économique . . . . .	62
4.40 Introduction et résumé . . . . .	62
4.41 Notion de qualité du service – Bonus . . . . .	62
4.42 Capacité ou saturation économique . . . . .	63

	Pages
4.43 Capacité des infrastructures et capacité industrielle . . . . .	69
4.5 Recherches sur l'optimum économique sous contrainte d'équilibre budgétaire . . . . .	69
4.6 Vue d'ensemble sur la première partie (chapitres 2, 3 et 4) . . . . .	70

## DEUXIÈME PARTIE

### *LES MODALITÉS D'APPLICATION DES SYSTÈMES DE TARIFICATION DES INFRASTRUCTURES*

#### *Chapitre 5. Les orientations pratiques d'une tarification pour l'utilisation des infrastructures routières*

5.0 Introduction . . . . .	75
5.1 Défisiscalisation et harmonisation des recettes spécifiques . . . . .	75
5.2 La déperéuation . . . . .	76
5.21 Péages purs et péages de coût. . . . .	77
5.22 Péages d'équilibre . . . . .	77
5.23 Licences . . . . .	77
5.24 Taxe sur les carburants . . . . .	77
5.25 Autres taxes . . . . .	78
5.26 Déperéuation dans l'espace et dans le temps . . . . .	78
5.26.1 Déperéuation dans l'espace . . . . .	78
5.26.2 Déperéuation dans le temps . . . . .	78

#### *Chapitre 6. Essai d'application pragmatique du système des péages économiques* 79

#### *Chapitre 7. Modalités d'application de l'équilibre budgétaire et de l'autonomie financière*

7.0 Introduction . . . . .	82
7.1 Minimisation des coûts – Équilibre budgétaire – Autonomie financière . . . . .	82
7.2 Équilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt . . . . .	83
7.3 Équilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt . . . . .	83
7.4 Constante initiale . . . . .	84
7.5 Emprunt et autofinancement . . . . .	84
7.6 Impôt foncier . . . . .	85
7.7 Caisse de relais . . . . .	86
7.8 Vue d'ensemble sur les questions faisant l'objet des chapitres 4.5, 5 et 7. . . . .	87
7.81 Péréuation de la taxe sur l'essence (harmonisation) . . . . .	87
7.82 Déperéuation des autres ressources dans les différents réseaux . . . . .	87
7.83 Autonomie financière et équilibre budgétaire dans les différents réseaux . . . . .	87
7.83.1 Prélèvements sur l'impôt foncier pour les réseaux 1 et 3 . . . . .	87
7.83.2 Recettes du réseau 4 (autoroutes rurales) . . . . .	88
7.83.3 Recettes du réseau 2 . . . . .	88
7.83.4 Recettes du réseau 1 . . . . .	88
7.83.5 Recettes du réseau 3 . . . . .	88

*PROPOSITIONS OPÉRATIONNELLES**Chapitre 8. Détermination pratique des taxes, péages et redevances*

8.0 Introduction et résumé . . . . .	91
8.1 Mode de détermination de la taxe sur l'essence . . . . .	91
8.2 Mode de détermination de la taxe sur le diesel et des licences de poids lourds . . . . .	95
8.21 Détermination de la somme totale à percevoir sur les véhicules utilitaires . . . . .	96
8.22 Calcul de la taxe sur le gasoil . . . . .	97
8.23 Calcul des taxes annuelles sur les véhicules utilitaires . . . . .	97
8.23.1 Répartition des dépenses de grosses réparations des chaussées . . . . .	97
8.23.2 Répartition des dépenses générales . . . . .	99
8.23.3 Résultats d'ensemble. Conclusions. . . . .	99
8.3 Mode de détermination des péages et redevances . . . . .	101
8.30 Taxation des voitures de tourisme . . . . .	101
8.31 Fixation des péages et redevances . . . . .	102
8.31.1 Péages de coût . . . . .	102
8.31.11 Taxation . . . . .	102
8.31.12 Péages autoroutiers . . . . .	102
8.31.2 Taxes et péages de congestion . . . . .	102
8.31.21 Taxation . . . . .	102
8.31.22 Péages . . . . .	102
8.31.3 Imputation des péages de congestion et des péages d'équilibre aux différents usagers . . . . .	103
8.31.31 Péages de congestion . . . . .	103
8.31.32 Péages d'équilibre . . . . .	103

*Chapitre 9. Applications chiffrées*

9.1 Bilan d'une autoroute . . . . .	104
9.2 Application de la méthode proposée de calcul des taxes au cas urbain . . . . .	106
9.21 Détermination des taxes de congestion . . . . .	106
9.22 Essai de rationalisation des tarifs des transports en commun à Paris . . . . .	109
Conclusion . . . . .	111
Bibliographie . . . . .	114
Annexes	



## AVANT-PROPOS DE LA COMMISSION

En 1965, la Commission a publié, comme premier volume de la série transports de la collection études, un rapport établi par un groupe d'économistes sur les «Options de la politique tarifaire dans les transports». Ce rapport était consacré, en ce qui concerne les infrastructures de transport, à l'examen des problèmes généraux posés par la tarification de leur usage et à une analyse des grandes lignes des principales solutions possibles à cet égard. Ainsi que l'ont souligné les auteurs eux-mêmes, leur rapport n'était pas destiné à définir en détail les modalités d'application de ces solutions.

La nécessité d'élaborer des propositions de mesures en matière de tarification de l'usage des infrastructures a ainsi conduit tout naturellement la Commission à poursuivre l'approfondissement des problèmes pratiques qui se posent à ce sujet. Elle a confié à M. René Malcor, ingénieur général des ponts et chaussées à Paris, la mission d'éclairer les problèmes soulevés par l'application d'une telle tarification dans le secteur routier et qui serait fondée respectivement sur un système de péages économiques et sur la contrainte d'équilibre budgétaire. M. Malcor a procédé à un

examen approfondi des différentes possibilités de solution en tenant compte des travaux effectués à ce sujet aussi bien en Europe qu'aux États-Unis d'Amérique. Son étude contient, d'une part, des approfondissements importants de la théorie de la tarification de l'usage des infrastructures. Elle présente, d'autre part, des propositions précises concernant l'aménagement des systèmes de taxes sur les véhicules et sur les carburants ainsi que de redevances et de péages actuellement en vigueur.

La Commission souhaite que cette étude, dont l'intérêt dépasse le cadre des travaux effectués par la Communauté, reçoive la plus large diffusion et qu'elle contribue à faciliter l'élaboration des mesures destinées à acheminer progressivement vers une solution rationnelle l'important problème de la tarification de l'usage des routes. C'est pourquoi elle a décidé de la publier dans la collection «études».

Il va cependant de soi que les opinions exprimées dans l'étude n'engagent que l'auteur et que sa diffusion ne signifie pas que la Commission reprend à son compte les thèses qu'il expose.



## CHAPITRE 1

### INTRODUCTION

#### 1.0 Objet de l'étude

L'étude qui nous a été confiée par la Commission des Communautés européennes a essentiellement pour objet de développer et de préciser, en ce qui concerne la route, les suggestions relatives à la tarification de l'usage des infrastructures contenues dans le rapport sur les «Options de la politique tarifaire dans les transports»<sup>(1)</sup> établi en 1964 par les professeurs Allais, Del Visco, Duquesne de la Vinelle, Oort et Seidenfus, désigné dans la suite comme «Rapport Allais».

Le présent rapport se limite donc à une fraction du domaine exploré par les auteurs précédents, celui des infrastructures routières. Il s'appuiera sur les notions qui y ont été dégagées par eux et étudiera essentiellement les modalités d'application aux infrastructures routières du système des péages économiques et du système des péages comportant une contrainte d'équilibre budgétaire.

Un grand nombre de chapitres de ce rapport et de ses annexes (chapitres 2.1, 2.22, 2.3, 3.41, 3.42, 8.2 — annexes 3.52.1, 3.52.2) ont été rédigés intégralement ou presque par M. Gluntz, ingénieur des ponts et chaussées à Paris, qui a bien voulu nous prêter son concours. Nous avons eu également avec lui des discussions fructueuses au sujet de l'ensemble du rapport. La valeur de la collaboration que nous a apportée M. Gluntz a été inappréciable.

#### 1.1 DÉFINITION DU SYSTÈME DES PÉAGES ÉCONOMIQUES

Ce système est celui qui dérive de la théorie économique classique quand on applique les critères correspondant à l'allocation optimum des ressources.

Les péages sont établis avec l'objectif d'utiliser au mieux les infrastructures existantes sans se préoccuper de savoir si elles sont optimums ou non.

Le péage économique est le prix optimum d'usage d'une infrastructure.

Le péage de coût est le coût marginal de gestion de l'infrastructure par rapport au trafic.

Le péage pur est l'excès du péage économique sur le péage de coût.

Le péage économique se compose donc de deux termes; le premier est le péage de coût qui est égal au coût marginal d'usage, le second est le péage pur qui est nul lorsque l'infrastructure n'est pas saturée (au sens

économique du terme) et fixé autrement au niveau juste assez élevé pour limiter la demande à la capacité disponible.

#### 1.2 DÉFINITION DU SYSTÈME DE L'ÉQUILIBRE BUDGÉTAIRE

Il n'y a aucune raison, a priori, pour que l'application des péages économiques conduise à l'équilibre budgétaire. Le recours à l'impôt généralement suggéré pour combler le déficit ainsi provoqué présente des inconvénients sur lesquels nous nous étendrons au chapitre 7. On est donc conduit à étudier l'option d'équilibre budgétaire.

L'équilibre budgétaire peut être l'objet de différentes définitions, chacune impliquant l'adoption d'une convention concernant la prise en compte de la valeur des infrastructures existant au moment de l'introduction du système.

##### 1.21 Équilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt

C'est le plus facile à définir: l'équilibre est réalisé année par année; c'est la formule que les Américains appellent: «Pay as you go»; elle est appliquée en général aux États-Unis (sauf pour les routes et ouvrages à péages).

##### 1.22 Équilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt

Ce système implique que toutes les dépenses d'investissement relatives à l'infrastructure soient couvertes, soit directement par les recettes courantes perçues sur les usagers, soit par des emprunts dont les intérêts et l'amortissement soient également couverts par les recettes courantes.

#### 1.3 RÉFÉRENCE AU RAPPORT ALLAIS

Les définitions précédentes sont empruntées aux paragraphes 24.2, 24.4, 31.3 et 31.4 du Rapport Allais.

Nous pensons qu'il est utile de donner ici quelques citations extraites d'autres paragraphes de ce rapport qui complètent les précédentes.

La rapprochement de la citation:

«Le déficit doit être couvert d'une manière ou d'une autre. Il résulte de la théorie de l'allocation optimum des ressources que la couverture du déficit tel qu'il vient d'être défini devrait être assurée au moyen d'impôts qui ne faussent pas les décisions économiques» (paragraphe 23.30 du Rapport Allais)

et des citations:

<sup>(1)</sup> «Options de la politique tarifaire dans les transports.» Communauté économique européenne. Collection *Études*. Série Transports, n° 1, Bruxelles, 1965.

«Si l'on pouvait prélever des taxes neutres sur les rentes des utilisateurs finaux, il n'y aurait aucun déficit, mais un tel prélèvement se heurte à des difficultés. Si l'on ne considère que les recettes provenant des péages purs, elles couvriraient seulement en valeur actualisée la valeur marginale des frais d'implantation et de fonctionnement de l'infrastructure, d'où un déficit» (paragraphe 11.5 du Rapport Allais)

«En théorie, l'équilibre budgétaire est compatible avec les péages optimums s'il est réalisé grâce à l'imposition aux utilisateurs de charges forfaitaires qui ne faussent pas les conditions marginales» (paragraphe 23.34 du Rapport Allais)

montre que, d'une part, le système des péages économiques ne conduit à l'optimum économique que si des impôts neutres d'un caractère assez théorique comblent le déficit, d'autre part, que le système d'équilibre budgétaire conduirait aussi à un optimum économique, si le déficit était comblé par des taxes forfaitaires lesquelles aussi ont un caractère théorique.

Il y a donc une certaine convergence des deux options sur le plan théorique. Sur le plan pratique, si on est conduit à adopter des taxes non rigoureusement neutres, telles que les taxes sur les carburants, les deux systèmes se rejoignent également avec cette différence que dans l'option dérivée des péages économiques, les taxes sur les carburants resteront des impôts, tandis que dans l'option d'équilibre budgétaire, ces taxes seront défiscalisées et alimenteront les budgets d'organismes décentralisés soumis à la règle d'équilibre budgétaire et financièrement autonomes.

Sans minimiser l'importance de cette différence, il faut bien reconnaître que les pertes économiques calculées (sans tenir compte bien entendu de la différence d'efficacité due à la différence des structures des organismes constructeurs) dans les deux hypothèses seraient identiques, de sorte que les deux options seraient toutes deux également proches de l'optimum.

La citation :

«Il ne peut y avoir allocation optimum des ressources que si chaque unité de production minimise le coût total de ses opérations de production en valeur actualisée en considérant dans les calculs tous les prix comme des constantes... Il importe d'insister sur l'exigence de la minimisation des coûts et de la considérer comme une exigence distincte à laquelle on peut même attribuer une certaine priorité logique et pratique sur les autres conditions de maximum correspondant à une allocation optimum des ressources» (paragraphe 12.21 du Rapport Allais)

et la citation :

«Les mérites d'un régime de transport au point de vue économique doivent, d'une manière générale, être jugés en premier lieu sur ses résultats quant à la minimisation des coûts, en second lieu sur l'application des critères d'investissement, et en

dernier lieu seulement sur la mise en œuvre des règles relatives aux prix optimums à payer par les usagers» (paragraphe 25.03 du Rapport Allais)

soulignent l'importance que les auteurs du Rapport Allais attribuent à l'exigence de la minimisation du coût à laquelle ils donnent une véritable primauté par rapport à la tarification.

La conséquence de cette prise de position est d'accorder une préférence aux structures qui favorisent la minimisation des coûts, c'est-à-dire aux structures dotées de l'autonomie financière qu'elles trouveront logiquement dans le cadre de l'option d'équilibre budgétaire.

La citation :

«Bien qu'il puisse arriver que l'on réalise des investissements d'infrastructure non justifiés, il semble bien que, dans ce domaine, le sous-investissement, notamment en ce qui concerne la route, soit le plus grave inconvénient de la situation actuelle. Aussi, un grand pas serait-il fait vers une allocation optimum des ressources si on affranchissait la route des contraintes du budget de l'État en «défiscalisant» les charges qui pèsent sur les utilisateurs des infrastructures, c'est-à-dire en affectant au financement des dépenses routières, quelle que soit la définition qu'on donne de celles-ci, le produit des taxes, qui n'auraient plus un caractère fiscal, mais seraient considérées comme des prix» (paragraphe 23.32 du Rapport Allais)

constitue une prise de position très ferme en faveur de la défiscalisation des recettes, c'est-à-dire de nouveau de l'autonomie financière. Ici l'argument invoqué est que cette mesure est la plus efficace pour lutter contre le sous-investissement routier généralement constaté. Le sous-investissement routier ne correspond pas à une allocation optimum des ressources.

On peut déduire de cette citation la conséquence que l'option d'équilibre budgétaire favorisant les investissements peut conduire à une situation plus proche de l'optimum, du fait d'une incitation à investir au moment opportun qui n'existe pas dans l'option de péages économiques, étant donné que les ressources nécessaires ne sont pas automatiquement disponibles.

La citation suivante peut être invoquée pour arriver à des conclusions analogues ; elle justifie notamment pour les autoroutes nouvelles le prélèvement de péages d'équilibre non conformes à la théorie des péages économiques :

«Le fait de fixer les prix au niveau relativement bas des péages correspondant à une allocation optimum des ressources sans que le déficit soit couvert par les utilisateurs, est susceptible de susciter une demande de transport qui ne se serait pas manifestée si le niveau des péages avait été suffisant pour couvrir la somme en valeur actualisée du coût d'investissement et des dépenses de gestion de l'infrastructure. En particulier, les utilisateurs de l'infrastructure peuvent être amenés à baser leurs décisions d'investissement, notam-

ment en ce qui concerne la localisation des entreprises, sur l'hypothèse qu'il y aura toujours des infrastructures suffisantes à des péages peu élevés relativement à ces coûts. En conséquence, si les autorités poursuivaient une politique d'investissement visant simplement à éviter la saturation économique tout en déchargeant les utilisateurs de la couverture du déficit, le système pourrait aboutir à des investissements d'infrastructure qui ne se justifieraient pas au regard des critères correspondant à une allocation optimum des ressources» (paragraphe 23.32 du Rapport Allais).

Nous verrons que de tels péages ont pour effet de diminuer les rentes des terrains desservis et, en conséquence, sans fausser les décisions d'implantation, de supprimer des transferts inévitables.

Les conséquences que nous avons tirées des citations précédentes et que nous résumons ci-dessous dominent la suite de ce rapport :

- 1° Dans la pratique, l'option des péages économiques se rapproche de celle de l'équilibre budgétaire si, au lieu d'adopter uniquement des impôts rigoureusement neutres comme le veut la théorie, on adopte partiellement des impôts neutres tels que l'impôt foncier et l'impôt sur l'emploi<sup>(1)</sup> et partiellement des impôts voisins de la neutralité, tels que les taxes sur les carburants quand leurs taux sont modérés.
- 2° L'efficacité des organismes routiers, condition indispensable pour réaliser la minimisation des coûts qui est elle-même une condition nécessaire pour l'allocation optimum des ressources, est obtenue en accordant l'autonomie financière à ces organismes et en les soumettant à la contrainte d'équilibre budgétaire.
- 3° La défiscalisation des taux spécifiques jointe à l'autonomie financière des organismes routiers est le meilleur moyen de lutter contre le sous-investissement routier que l'on constate actuellement d'une manière générale en Europe.

#### 1.4 RÉFÉRENCE AUX ÉLÉMENTS D'APPRÉCIATION NON CONTENUS DANS LE RAPPORT ALLAIS

La ligne générale de notre rapport sera donc conforme aux conclusions les plus importantes du Rapport Allais que nous venons de reproduire. Mais il tient compte, d'autre part, d'un certain nombre d'éléments nouveaux qui étaient inconnus des auteurs de ce rapport parce qu'il s'agit, soit d'éléments résultant de la pratique routière, plus précisément de la physique de cette sorte d'écoulement qu'est l'écoulement du trafic, soit d'études récentes dont certaines ne sont parvenues à notre connaissance qu'au cours de la rédaction de ce rapport, soit d'études que nous avons entreprises nous-mêmes antérieurement ou à l'occasion même de la rédaction de ce rapport.

<sup>(1)</sup> Annexe 4.33.

#### 1.41 Road Pricing (3.2)

Le plus important parmi ces éléments nouveaux est la théorie dite du « Road Pricing » ou théorie de la congestion, qu'il y a lieu de situer par rapport à la notion de congestion telle qu'elle est dégagée dans le Rapport Allais et précisée dans un autre article du professeur Allais<sup>(2)</sup>.

L'essentiel de la théorie du « Road Pricing » consiste dans une étude du coût économique de la congestion, dont les auteurs déduisent qu'il faut faire payer à un véhicule le coût marginal de la congestion entraîné par un véhicule supplémentaire.

Dans l'exposé de cette théorie, telle qu'elle est présentée dans les références indiquées aux annexes 3.21, 3.22 et 3.23 (écoles anglaise, américaine et française), on admet que pour tous les usagers le temps a la même valeur et l'on n'envisage pas d'autres alternatives qu'entreprendre un voyage ou renoncer à l'entreprendre. Si, pour simplifier, on admet que l'élément du coût de la congestion que l'on considère se limite au coût du temps, le coût moyen a pour expression  $\frac{b}{V}$ ,  $b$  étant le prix du temps et  $V$  la vitesse.

$V$  s'exprime en fonction du débit par une loi linéaire:  $V = V_0 - fq$  valable jusqu'à un débit  $q_{max}$  qui, on le verra, n'est que rarement dépassé pour une infrastructure optimale.

Le coût marginal  $\frac{b}{V} + \frac{b}{V^2}fq$  dépasse le coût moyen  $\frac{b}{V}$  d'une valeur:  $\beta = \frac{b}{V^2}fq$ .

Comme l'utilisateur supporte directement le coût moyen, il ne reste qu'à lui imposer le paiement de la valeur  $\beta$ , excès du coût moyen sur le coût marginal, pour obtenir l'optimum.

Nous aurons l'occasion, au cours de ce rapport, de perfectionner cette théorie, en nous écartant de certaines hypothèses restrictives qui sont à sa base.

Sous la forme simplifiée que nous venons d'exposer, elle entraîne déjà des conséquences importantes.

Du fait que l'on admet que  $V$  et  $q$  sont reliés par une loi continue, on voit que l'on s'écarte des théories classiques et notamment de celles exprimées dans le Rapport Allais et l'article du professeur Allais cité ci-dessus, puisque dans ces deux documents on admet un seuil fixe de saturation des infrastructures.

L'application de la théorie et des formules qui précèdent conduit à justifier l'application de péages faibles, mais non nuls, dès que le débit est lui-même différent de zéro.

#### 1.42 Théorie du concurrent (4.1)

L'idée d'inclure dans le même modèle économique un moyen de transport et son concurrent est relativement

<sup>(2)</sup> Allais, Maurice: « Programme d'investissement et d'exploitation optimum d'une infrastructure de transport. » *Revue de la Fédération internationale de l'automobile*, 1965, n° 4.

ancienne; elle a son origine dans les études économiques ou l'Électricité de France prenait en compte une technique de référence: référence de l'hydraulique au thermique. Nous l'avons nous-même développée pour des problèmes de transport dans nos communications au séminaire de M. Roy à la Faculté des Sciences de Paris, le 18 mars 1963<sup>(1)</sup>; elle est développée dans un ouvrage de Beckmann<sup>(2)</sup>. Mais nous avons été obligé de la repenser en fonction de la théorie du « Road Pricing ».

La synthèse entre la théorie du concurrent et celle du « Road Pricing » est faite dans l'annexe 4.12 et nous en tirons des conséquences extrêmement importantes en ce qui concerne la tarification optimum:

- a) d'une autoroute en concurrence avec une route ordinaire;
- b) d'une autoroute urbaine en concurrence avec un réseau de rues urbaines;
- c) de l'automobile en concurrence avec les transports en commun;
- d) de la circulation de pointe par rapport à la circulation hors pointe.

Une conséquence de cette synthèse est qu'il faut taxer les autoroutes plus que les voies ordinaires (conclusion rejetée par certains théoriciens du « Road Pricing », notamment en France).

#### 1.43 Road Pricing et équilibre budgétaire (4.16)

Nous démontrons, en annexe 4.16, qu'il existe une catégorie de cas assez étendue où l'on peut considérer que le coût de l'infrastructure est proportionnel à sa largeur; dans ce cas, la théorie montre qu'il y a équilibre budgétaire. Cette possibilité est pourtant plus théorique que réelle, car les équilibres budgétaires ainsi réalisés ne sont pas réalistes en ce sens qu'ils impliquent des péages nuls au début de l'existence des ouvrages, et des péages très importants au moment de leur saturation. Ce dispositif de péages ne s'inscrit donc pas dans les usages concernant les amortissements qui prévalent en Europe et conduirait à un échelonnement des péages insupportables aux usagers à certaines époques.

#### 1.44 Élasticité de la demande d'essence (3.51.1)

Nos études sur l'élasticité de la demande d'essence montrent qu'une taxe sur l'essence modérée conduit à des pertes économiques faibles; ceci nous conduit à proposer le maintien d'une taxe sur l'essence non déperquée et modérée. Le maintien d'une taxe sur l'essence modérée se justifie également en fonction des résultats obtenus par les théoriciens anglais du « Road Pricing », alors que si l'on suivait dans ses extrêmes conséquences la théorie des péages économiques, la taxe sur l'essence devrait être nulle.

(1) Malcor, René: « Localisation des industries et impôt sur l'emploi ». *Économies et sociétés* — F 23 — n° 10, 1968 — Librairie Droz, Genève.

(2) Beckmann; Mc Guire; Winsten: *Studies in the Economics of Transportation*. Cowles Commission, Yale University, 1956-1959.

#### 1.45 Capacité économique (4.42)

Le Rapport Allais laissant en suspens la définition de la capacité économique, nous avons adopté comme critère, pour la fixation de la capacité, le critère empirique américain de la loi de la trentième heure. Le nombre d'heures pendant lesquelles la capacité est dépassée est donc très faible: trente heures par an, soit environ 3/1000 en temps et 3/100 en volume.

L'application stricte de la théorie des péages économiques conduirait à n'appliquer de péages que pendant ces trente heures.

Nous avons également en annexe 4.14 tenté une approche théorique du problème. L'ordre de grandeur des largeurs de chaussée que l'on adopte en pratique n'est pas trop éloigné de ceux qui résulteraient de la théorie de 4.14, mais il serait vain de chercher une concordance étroite entre la théorie et la pratique puisque cette théorie justifierait, dans un pays A où le taux d'amortissement est moitié de celui d'un pays B et où la valeur du temps est double, des chaussées d'une largeur double de celles du pays B.

Cette théorie suppose des degrés de congestion faibles et il est indiqué à l'annexe 4.14 comment elle devrait être modifiée pour tenir compte de degrés de congestion plus élevés.

En fait, le principal intérêt de cette théorie est de montrer qu'au fur et à mesure que la valeur du temps augmentera, des chaussées plus larges, des niveaux de service plus élevés seront justifiés économiquement.

Pour montrer quel est le niveau de l'exigence des usagers européens, nous retiendrons le fait suivant: la congestion sur l'autoroute Sud de Paris, tronçon commun, ne dépasse la limite fixée par les critères américains que depuis 1964 et, cependant, le mécontentement est déjà très grand parmi les usagers.

#### 1.46 Rentes (4.3)

Nous n'avons pas été les premiers à insister sur l'importance du problème des rentes, et les auteurs du Rapport Allais eux-mêmes ont signalé l'intérêt des impôts sur les rentes, mais dans ce rapport (annexes 4.32 et 4.34) nous avons précisé ces idées et énoncé un certain nombre de résultats quantitatifs importants: interaction entre péages et rentes, transfert du montant des investissements des contribuables vers les propriétaires. Nous déduisons de ces considérations des conséquences importantes: justification de l'utilisation de l'impôt foncier pour pallier le déséquilibre fondamental des réseaux ruraux, justification de l'utilisation de l'impôt foncier dans les villes, justification de l'impôt foncier comme moyen de récupération de plus-values, justification de péages d'équilibre sur les autoroutes, justification de la création d'un impôt différencié sur l'emploi.

#### 1.47 Situations économiques quasi optimales

Le résultat démontré aux annexes 4.51 et 4.52 a une immense importance pratique: lorsqu'on s'éloigne

modérément des tarifs optimaux résultant de la théorie économique, les pertes économiques correspondantes sont d'un ordre de grandeur faible. Il s'agit d'une propriété classique des fonctions au voisinage d'un maximum, mais les calculs que nous présentons donnent des résultats chiffrés.

La théorie du concurrent apporte une autre démonstration de la valeur économique de l'option d'équilibre budgétaire dans certains cas très étendus.

C'est ainsi que le présent rapport conduit à réhabiliter la condition d'équilibre budgétaire. Dans le cas où cette condition ne réalise pas l'optimum économique, on cherche à s'en rapprocher le plus possible, à choisir la solution la moins mauvaise, celle qui minimise les pertes économiques sans avoir la prétention de les annuler.

Ainsi comprise, l'option d'équilibre budgétaire n'est pas, comme on la présente trop souvent, une option non économique.

Il existe d'ailleurs un courant de pensée de plus en plus fort en faveur de la thèse de la valeur économique de l'équilibre budgétaire, représenté en France par Desrousseau<sup>(1)</sup> et Kolm<sup>(2)</sup>, et aux États-Unis par Milton Friedman<sup>(3)</sup>, d'où sortira vraisemblablement un jour une justification économique rigoureuse de l'option d'équilibre budgétaire.

#### 1.48 Déséquilibre des réseaux ruraux et urbains (8.1)

Nous avons également souligné l'existence d'un déséquilibre financier fondamental dans les réseaux ruraux, si on tient compte uniquement des recettes provenant des usagers. Mais si, conformément à l'usage français, on affecte à ces réseaux une partie du prélèvement sur les rentes que constitue l'impôt foncier, l'équilibre peut être rétabli.

Des considérations analogues doivent être invoquées en ce qui concerne les réseaux urbains. Nous nous opposons à l'opinion formulée par certains théoriciens du « Road Pricing » suivant lesquels il y aurait excédent de recettes dans les réseaux urbains si on appliquait la taxation de la congestion. Notre thèse est qu'il n'y a excédent de recettes que si on maintient l'infrastructure urbaine au-dessous de l'optimum.

L'équilibre approximatif global des recettes de la taxation spécifique et des dépenses des réseaux routiers dissimule une réalité plus complexe: excédent de la taxation pour le réseau rural de grande communication (réseau 2); excédent de dépenses pour le réseau rural de desserte locale (réseau 1) en contrepartie.

#### 1.49 Faiblesse des péages de coût (8.2)

Le montant total des recettes des péages de coût est calculé en 8.2. Il est plus faible qu'on ne pouvait le

penser a priori. Il n'intéresse que les poids lourds, les péages de coût des voitures légères étant voisins de zéro.

Nous formulons l'opinion que les péages de coût des poids lourds sur les autoroutes sont faibles et qu'ils peuvent être négligés.

Les conséquences de ce qui précède sont importantes.

- 1° Les péages de coût intéressant des voies à accès non contrôlés ne peuvent pas faire l'objet d'une perception directe, d'où la nécessité de les incorporer dans les taxes sur les carburants et les licences.
- 2° Les recettes provenant des péages de coût ne sont qu'une fraction relativement minime des dépenses totales, les dépenses d'entretien imputables n'étant qu'une fraction modérée des dépenses d'entretien totales, et celles-ci (actualisées) n'étant qu'une fraction des dépenses d'investissement.

### 1.5 COMPARAISON PRATIQUE DES DIFFÉRENTES OPTIONS

Nous pensons qu'il est intéressant de résumer ici et de comparer entre elles les conséquences pratiques auxquelles conduit l'application des différentes options possibles concernant la tarification de l'usage des infrastructures.

#### 1.51 Théorie des péages économiques

Ce qui va suivre au sujet de cette théorie résume des considérations exposées aux paragraphes 1.3 et 1.4 (notamment 1.44, 1.45 et 1.49) de la présente introduction.

La théorie des péages économiques justifie l'application de péages purs seulement lorsque la capacité économique est dépassée; en conséquence, excepté en cas de congestion généralisée, les recettes de ces péages ne peuvent être qu'extrêmement faibles puisqu'ils ne s'appliquent que trente heures par an, suivant le critère américain. Les recettes provenant des péages de coût sont également faibles puisqu'elles ne proviennent que des poids lourds et seulement sur les routes traditionnelles, et ne portent que sur les coûts imputables au trafic.

Pour aller plus loin, il convient maintenant de distinguer entre une application rigoureuse et une application pragmatique de cette option.

##### 1.51.1 APPLICATION RIGOUREUSE

Le déficit devrait être comblé par l'impôt; les impôts à appliquer devraient être des impôts neutres, tels que ceux qui sont énumérés au paragraphe 24.47 du Rapport Allais. Dans cette optique, le recours à un impôt neutre tel que l'impôt sur l'emploi que nous préconisons (annexe 4.33) serait légitime, comme le recours à l'impôt foncier, mais il est évident que pour ces deux impôts les infrastructures routières ne sont pas les seules parties prenantes, et que d'autres ressources

<sup>(1)</sup> Desrousseau: *L'évolution économique et le comportement industriel*. Dunod.

<sup>(2)</sup> Kolm, Serge-Christophe: Séminaire de M. René Roy du 7 novembre 1966.

<sup>(3)</sup> Friedman, Milton: *Theory of price*. Aldine Publishing Co., Chicago.

moins neutres seraient nécessaires pour établir l'équilibre.

L'application rigoureuse de la théorie des péages économiques conduirait également à réduire à zéro les taxes sur les carburants et interdirait l'application de péages d'équilibre sur les autoroutes.

La théorie rigoureuse autorise, bien entendu, la perception de péages de coût mais les péages de coût étant dus sur des routes à accès non contrôlés leur perception n'est possible que par des moyens interdits par la théorie rigoureuse, tels que des prélèvements sur la taxe sur les carburants. L'imputation des péages de coût sur les licences poids lourds est contraire à la théorie rigoureuse puisque le péage de coût est marginal, tandis que la licence est forfaitaire.

### 1.51.2 APPLICATION PRAGMATIQUE

Si on essaie de donner un caractère plus pratique à ce système, on est amené à s'écarter de la théorie pure, en remplaçant ou en complétant les impôts neutres envisagés en 1.51.1 par des prélèvements sur les taxes sur les carburants et sur les licences, taxes qui ne sont pas d'une rigoureuse neutralité, mais qui constituent le seul moyen pratique de perception des péages de coût et permettent d'éviter, pour combler le déficit, le recours à des impôts marginaux conduisant à des pertes économiques bien plus élevées que l'utilisation de la taxe sur les carburants.

Il faut remarquer en effet que dès le moment où on renonce à combler le déficit par des taxes spécifiques, et dès que l'utilisation des impôts neutres ne suffit pas, le calcul des pertes économiques dues au recours à des impôts non neutres doit tenir compte de l'impôt marginal, c'est-à-dire du plus mauvais, du moins neutre, de tous les impôts existants.

### 1.52 Road Pricing

La théorie du « Road Pricing » justifie le maintien d'une taxe sur l'essence modérée. Si les taxes sur les carburants ne sont pas maintenues à ce niveau modéré, le supplément payé en ville doit être déduit des taxes de congestion, et en rase campagne ce supplément est injustifié.

La théorie du « Road Pricing » justifie la perception de péages à toute époque et non pas seulement en cas de congestion. Cependant, dans le cas de maintien d'une taxe sur l'essence modérée, aucun péage ne doit être perçu aux heures particulièrement creuses (la théorie indiquant même que dans certains cas un péage négatif devrait être perçu).

Nous distinguerons ici également deux tendances divergentes concernant les applications pratiques de la théorie du « Road Pricing ».

a) La Commission britannique qui a rédigé le rapport du « Road Pricing »<sup>(1)</sup> n'avait pas pour mission de faire

<sup>(1)</sup> Road Pricing: *The economic and technical possibilities*. Ministry of Transport. London, HMSO, 1964.

des propositions pour l'utilisation des ressources provenant de la taxe à la congestion (nous rappelons que malgré cette dénomination de taxe à la congestion, cette taxe s'applique pratiquement à toute époque et pas seulement en période de congestion).

Il résulte cependant d'une hypothèse de travail que cette commission a adoptée et de la philosophie générale de la théorie qu'elle a élaborée que les recettes à provenir de la taxe sur l'essence devraient être diminuées d'un montant égal aux recettes de la taxe à la congestion.

b) Telle n'est pas la thèse de nombreux experts: Lévy-Lambert et Mohring proposent de transférer les excédents de recettes des villes congestionnées sur des parties prenantes déficitaires, telles que les transports en commun, les réseaux de rase campagne.

Cette thèse n'a pas de fondement économique; si des taxes élevées peuvent être prélevées en ville, c'est que la voirie n'est pas optimale. Les améliorations nécessaires pour rendre la voirie optimale sont parfois trop onéreuses, mais il reste, cependant, possible d'investir toutes les recettes obtenues pour améliorer la voirie, pour tout au moins la rapprocher de l'optimum, si celui-ci ne peut pas être atteint. L'application de taxes de congestion dont le produit ne serait pas dépensé dans l'intérêt des automobilistes sur lesquels on les a perçues, constituerait l'exploitation du plus détestable des monopoles, le monopole de pénurie.

Dans ses deux versions, la théorie du « Road Pricing » ne permet pas de percevoir de péages d'équilibre budgétaire sur les autoroutes.

Sous la forme incomplète dans laquelle elle a été présentée par ses auteurs, elle ne permet pas la perception de péages importants sur les autoroutes urbaines non saturées alors qu'une théorie plus élaborée justifie cette perception (annexe 4.12.3).

### 1.53 Système américain (« Pay as you go »)

Le système appliqué aux États-Unis est pratiquement un système à équilibre budgétaire, sans taxation de la congestion, sans possibilité d'emprunt en général (avec quelques exceptions).

Les taxes spécifiques (essence, pneus, licences), sans être théoriquement défiscalisées, sont du moins presque entièrement affectées aux dépenses routières. S'y ajoutent pour les réseaux urbains des ressources provenant de l'impôt foncier.

Dans les infrastructures à péage, il n'y a pas de différenciation des péages suivant le degré de congestion. Cependant, il est bien évident qu'aux heures de pointe, les péages jouent partiellement le rôle de taxes de congestion.

Il y a donc équilibre sans emprunt pour la plus grande partie du réseau, équilibre avec emprunt pour quelques autoroutes et quelques grands ouvrages à péage (tunnels et ponts).

L'emprunt a été envisagé puis rejeté pour le réseau



inter-États. Il est de nouveau envisagé en raison des dépassements dus à l'inflation et aux sous-évaluations.

Le système américain n'est pas conforme à la théorie économique dans sa formulation rigoureuse. Cependant, en raison de la diversité des taxes, de leur faiblesse relative étant donné la forte circulation (et, en ce qui concerne la taxe sur l'essence, la forte consommation), en raison, enfin, du faible degré de congestion qui prévaut généralement (sauf en région urbaine), les pertes économiques correspondantes sont faibles.

Sur le plan de la rigueur économique, il est intermédiaire entre la situation de fait européenne et nos propositions. Sur le plan de l'équité, il est dans la même position relative et infiniment plus équitable que le système européen.

Il se rapprocherait beaucoup de notre proposition et de l'optimum :

- a) si les péages étaient l'objet d'une différenciation suivant le degré de congestion ;
- b) si les licences étaient purement et simplement supprimées, les recettes correspondantes étant retrouvées en les remplaçant par des vignettes exigées seulement sur les voies congestionnées et aux heures de congestion.

#### 1.54 Option de l'équilibre budgétaire

La théorie de l'équilibre budgétaire et l'application pratique que nous en proposons nous conduisent au maintien d'une taxe sur l'essence modérée dont le niveau est fixé par la condition d'équilibre budgétaire des réseaux nationaux, mais qui en pratique ne s'écarte pas sensiblement du niveau optimum fixé en fonction de la théorie du « Road Pricing ».

L'allègement de la taxe sur l'essence permettra de faire accepter par l'usager les charges supplémentaires résultant de l'application des péages de congestion<sup>(1)</sup> et des péages d'équilibre<sup>(2)</sup> pour les autoroutes, des taxes de stationnement et, ultérieurement, des vignettes de congestion<sup>(1)</sup> pour les villes et des péages pour les autoroutes urbaines.

L'équilibre budgétaire des réseaux ruraux est assuré suivant la tradition par un prélèvement sur l'impôt foncier, prélèvement dont nous donnons une justification économique.

Ces prélèvements sont complétés par un prélèvement au prorata des véhicules-km sur les recettes de la taxe sur les carburants et les licences poids lourds ; il en sera de même en ville. En ville, un prélèvement sur l'impôt foncier<sup>(3)</sup> sera affecté au règlement des expropriations ou du supplément de coût (viaduc, tunnel) résultant de la nécessité économique d'éviter les expropriations. L'affectation d'une part de l'impôt foncier au finance-

ment des réseaux routiers, urbains et ruraux, pose le problème d'une affectation du même impôt foncier aux transports en commun, aux chemins de fer de banlieue, d'une part, et au compte d'exploitation de certaines voies ferrées locales déficitaires, d'autre part.

Dans nos propositions, l'emprunt sera la règle (tant, du moins, que la croissance du trafic se maintiendra à un rythme du même ordre que le rythme actuel) pour les réseaux à accès contrôlés et une partie des réseaux urbains, et l'exception dans les autres réseaux.

#### 1.55 Politique fiscaliste

Il reste à mentionner ce que serait une politique purement fiscaliste ; cette politique consisterait à maintenir indéfiniment le statu quo, c'est-à-dire des taux de taxe sur les carburants fixés à une époque où le montant des taxes perçues était inférieur aux dépenses routières totales et où personne n'imaginait que la circulation atteindrait des niveaux conduisant à des excédents considérables. Il est à redouter que cette politique (qui n'a pas de base économique) ne soit complétée par la mise en vigueur des péages, des vignettes de congestion, des licences dont nous proposons l'institution dans le présent rapport.

Cette politique conduirait à des excédents budgétaires considérables qui serviraient à alimenter les fonds généraux des budgets des États, alors que les budgets des collectivités locales continueraient à subvenir aux dépenses routières locales, par des prélèvements sur les impôts locaux, tels que l'impôt foncier.

Les arguments que nous invoquons en faveur d'une taxe sur l'essence modérée sont également valables, que ces taxes soient ou non défiscalisées. L'option d'équilibre budgétaire, sur le plan de la théorie économique pure, est intermédiaire entre l'option de péages économiques et l'option fiscaliste ; cette dernière s'éloigne donc plus que l'option d'équilibre budgétaire de l'optimum économique.

Hors d'une période transitoire le maintien des taxes spécifiques excédentaires alimentant les budgets généraux doit être exclu (ceci, bien entendu, n'exclut pas le maintien des taxes de droit commun telles que la taxe à la valeur ajoutée mais simplement les taxes d'exception que constituent les taxes sur les carburants au-delà de ces taxes de droit commun et au-delà du niveau admis dans l'option d'équilibre budgétaire).

#### 1.56 Importance des recommandations relatives à la diminution de la pression tarifaire sur les usagers

Le présent rapport constitue un tout, et ce serait en trahir la pensée que d'appliquer seulement les recommandations qui entraîneraient une augmentation de la pression tarifaire sur les usagers.

On ne peut pas invoquer la théorie économique pour imposer aux automobilistes des taxes de congestion et des taxes de stationnement, et en même temps méconnaître les enseignements de la théorie économique en maintenant des taxes sur l'essence trop élevées.

<sup>(1)</sup> Assimilables aux péages purs de la théorie des péages économiques.

<sup>(2)</sup> Péages rémunérant la qualité du service et rétablissant l'équilibre budgétaire.

<sup>(3)</sup> Auquel sera ajouté un prélèvement sur l'impôt sur l'emploi dont nous proposons la création à l'annexe 4.33.

L'automobile est de plus en plus un article démocratique justifiant de moins en moins l'application d'une taxe de luxe à laquelle peut être assimilée la taxe sur l'essence au-delà de ce qui est nécessaire pour l'équilibre budgétaire.

Les arguments psychologiques en faveur de cette thèse ont aussi leur valeur.

Les automobilistes sont de plus en plus nombreux, de mieux en mieux informés. C'est seulement en diminuant la taxe sur les carburants qu'on créera les conditions psychologiques (qui sont loin d'exister en France notamment) permettant de faire accepter aux usagers les taxes de congestion et de stationnement dont l'intérêt économique est indiscutable et qui sont préconisées dans ce rapport.

Dans son interprétation rigoureuse, la théorie des péages économiques conduit au déficit dans les réseaux non saturés.

En faveur de l'option d'équilibre budgétaire on peut trouver des arguments économiques. On ne peut pas en trouver pour un super-équilibre budgétaire, c'est-à-dire pour des taxes sur l'essence exorbitantes et non défiscalisées en vue de leur affectation aux dépenses routières.

### 1.57 Équilibre budgétaire et égalité des conditions de départ

La contrainte d'équilibre budgétaire appliquée à chacun des trois modes de transport concurrents permet, suivant les conclusions du Rapport Allais, de réaliser l'égalité des conditions de départ entre les trois modes, donc de créer un point de départ équitable pour la mise en concurrence de ces moyens (paragraphe 24.42 du Rapport Allais « Les règles de répartition du déficit sont arbitraires, mais doivent être neutres »). Il n'en est plus ainsi s'il n'y a pas de défiscalisation des taxes sur l'essence (autres que celles du droit commun).

On ne doit pas appliquer seulement cette conclusion au transport des marchandises, mais aussi à celui des voyageurs.

Il n'y a donc pas place, suivant nos conclusions, pour un équilibre budgétaire limité aux camions; il doit s'étendre aussi aux voitures.

### 1.58 Importance des recommandations relatives à l'harmonisation des taxes sur les carburants au niveau le plus bas

La tendance des États membres à alimenter leurs budgets généraux au moyen des excédents de la taxe sur les carburants risque de conduire ceux-ci à rejeter l'idée de l'harmonisation de la taxe sur les carburants à l'intérieur de la Communauté<sup>(1)</sup> malgré les arguments économiques contenus dans le présent rapport, et bien que les experts du Comité fiscal et financier de la CEE aient considéré dès 1963 que cette idée allait de soi.

(1) Ou à l'harmoniser au niveau le plus élevé, ce qui ne vaudrait pas mieux.

Ceux qui sont opposés à l'idée d'une taxe communautaire uniforme sont d'ailleurs sans doute les mêmes que ceux qui n'admettraient à aucun prix de différencier la taxe sur les carburants d'une province à l'autre, dans un même pays. Il faut donc, sans renoncer à cet objectif, temporiser en admettant une longue période transitoire: l'application d'un taux uniforme de taxe sur les carburants ira de soi lorsque l'harmonisation des transports et celle des régimes fiscaux auront fait suffisamment de progrès.

## 1.6 CONCLUSIONS ESSENTIELLES DU RAPPORT

La conclusion essentielle de notre rapport est donc qu'il y a lieu d'adopter l'option d'équilibre budgétaire, telle qu'elle est détaillée dans les différents chapitres de ce rapport.

Les pertes économiques auxquelles elle peut conduire sont extrêmement faibles; il est possible même que l'on arrive à démontrer qu'en tenant compte de l'ensemble du problème, en englobant la tarification et la fiscalité, elle correspond elle-même à un optimum absolu.

Quoi qu'il en soit, il apparaît que l'option des péages économiques qui, suivant la théorie classique, correspond à l'optimum, se rapproche de l'option d'équilibre budgétaire dès qu'on aborde cette question avec un esprit pragmatique. L'option d'équilibre budgétaire est en outre la seule qui égalise les conditions de départ pour les trois modes de transport et qui favorise l'efficacité des organismes routiers.

## 1.7 DISPOSITIONS TRANSITOIRES – RYTHME DE RÉALISATION

Nous pensons qu'il est commode de résumer nos conclusions en suivant l'ordre chronologique des mesures que nous préconisons.

Il n'est pas possible de fixer des dates certaines pour les différentes étapes de cette chronologie puisqu'elles devront être synchronisées avec les mesures d'harmonisation des politiques des transports que les pays de la CEE adopteront sur un plan plus général.

Nous nous contenterons donc de considérer trois phases, sans pouvoir préciser les dates correspondantes:

- une période transitoire;
- une première étape;
- une deuxième étape.

### 1.71 Période transitoire

Un certain nombre de mesures peuvent et doivent être prises immédiatement:

- 1° Allocation aux organismes routiers et aux collectivités réalisant des structures de caractère autoroutier faisant appel à l'emprunt pour se procurer le reste des ressources nécessaires et pratiquant des péages différenciés à la congestion, de l'équi-

valent d'une taxe de 35 centimes français<sup>(1)</sup> par litre calculée au prorata des véhicules-km parcourus et de la consommation correspondante.

Cette allocation variera de 2,8 centimes en rase campagne à 4,55 centimes pour les villes les plus congestionnées (ceci implique l'adoption immédiate du système ouvert de perception).

- 2° Toute liberté sera donnée aux villes, si elles ne l'ont pas déjà, pour instituer le stationnement payant, et toutes les villes où existe un certain degré de congestion recevront l'allocation kilométrique de taxe sur l'essence calculée comme ci-dessus pour toutes leurs voies, dès qu'elles auront institué au bord des rues un stationnement payant à des tarifs progressifs et plus élevés en moyenne que ceux des parkings en garage.
- 3° Liberté d'emprunter accordée sans restriction aux organismes du réseau à accès contrôlés ainsi qu'aux villes congestionnées pour leurs grands investissements dans la mesure où elles présenteront des opérations équilibrées financièrement.

### 1.72 Première phase

Au cours de la première phase, le taux de la partie défiscalisée de la taxe sur l'essence attribuée au réseau rural de grande communication et aux villes qui n'auront pas pris les dispositions visées en 1.71 croîtra progressivement de 23 à 30 centimes pour le réseau national français (taux à réviser en fonction des circonstances différentes pouvant se présenter pour les autres pays).

Au cours de la première phase, les taxes d'achat sur les voitures seront réduites progressivement jusqu'à atteindre le niveau des taxes de droit commun.

Les licences annuelles sur les voitures de tourisme seront réduites progressivement jusqu'à zéro.

Les licences pour poids lourds seront modifiées progressivement de manière à atteindre en fin de première phase les niveaux fixés en adoptant les méthodes de calcul suggérées dans le présent rapport. La taxe sur le diesel suivra une évolution concomitante.

### 1.73 Deuxième phase

Le taux de la taxe sur l'essence défiscalisée sera fixé suivant les principes indiqués dans le présent rapport, en tenant compte des circonstances qui se présenteront. Si les hypothèses de calcul retenues dans le présent rapport étaient exactes, ce niveau serait de 35 centimes<sup>(2)</sup>. La partie non défiscalisée de la taxe sur l'essence sera réduite au taux résultant de l'application de l'impôt de droit commun.

(1) Tous les prix donnés dans le rapport s'entendent en francs français, sauf indication contraire.

(2) Ces chiffres ne sont donnés que pour fixer les idées; leur valeur définitive ne pourra être déterminée que sur le vu de données statistiques complémentaires et de nouvelles études économiques.

Des mesures correspondantes seront appliquées pour les taxes sur le diesel et les licences pour poids lourds.

Des prélèvements sur les impôts fonciers et autres impôts sur les rentes seront affectés aux travaux routiers, principalement pour les réseaux urbains et ruraux.

## 1.8 PLAN DU RAPPORT

La première partie du rapport rassemble dans le chapitre 2 un certain nombre de données sur les budgets routiers, la gestion des organismes routiers autonomes et les modalités de perception des péages des voies à accès contrôlés.

Le chapitre 3 contient un exposé des recherches les plus récentes sur l'économie de la circulation et des infrastructures routières.

Le chapitre 4 rassemble un certain nombre d'études nouvelles dans les mêmes domaines, qui ont été entreprises à l'occasion de la rédaction du présent rapport.

La deuxième partie comprend trois chapitres:

Dans le chapitre 5 sont étudiées les modalités pratiques d'application d'une tarification de l'usage des infrastructures.

Le chapitre 6 est consacré à un essai d'application pragmatique du système des péages économiques, le chapitre 7 aux modalités générales d'application du système de l'équilibre budgétaire et, notamment, aux structures des organismes décentralisés dotés de l'autonomie financière et soumis à la condition d'équilibre budgétaire.

C'est dans la troisième partie que l'on trouvera les dispositifs détaillés que nous proposons pour les ressources à affecter à ces organismes autonomes: allocations provenant des taxes sur les carburants et licences défiscalisées, prélèvement sur l'impôt foncier et autres impôts sur les rentes, péages de congestion et péages d'équilibre pour les autoroutes, taxes de stationnement et vignettes de congestion pour les villes.

Dans le chapitre 8 on trouvera des propositions précises pour la fixation des taux des taxes défiscalisées et des propositions concernant les règles de détermination des péages.

Dans les exemples détaillés du chapitre 9 on a, pour le cas d'une autoroute, en 9.1 des propositions précises pour la fixation des péages de congestion et d'équilibre et, pour le cas urbain, en 9.2 un exemple d'application englobant la fixation des taxes de stationnement et des tarifs de transport en commun.

La conclusion se réfère à l'introduction où, pour des raisons de commodité, ont été placées des considérations générales sur l'orientation du rapport et les propositions qu'il contient.

On a reporté en annexe les parties du rapport qui comportent des développements mathématiques importants ou celles dont la lecture détaillée n'est pas indispensable pour la compréhension du rapport. Toutes

ces annexes ont été résumées dans le cours du rapport, généralement aux paragraphes intitulés « Introduction » ou « Résumé ».

Le rapport comprend neuf chapitres et la conclusion. Les chapitres sont divisés en paragraphes en utilisant une numérotation décimale.

Les paragraphes repérés par deux chiffres sont appelés quelquefois sous-chapitre ou même, pour abrégé, chapitre.

Nous nous rendons parfaitement compte des faiblesses de ce rapport. Malgré tous nos efforts la documentation que nous avons rassemblée n'est pas complète et nous avons dans bien des cas été réduit à utiliser pour les applications pratiques des renseignements français

parce que c'étaient les seuls que nous pouvions nous procurer.

Pour les mêmes raisons que les auteurs du Rapport Allais nous avons été amené à certaines répétitions qui sont, croyons-nous, nécessaires pour la clarté du texte.

Enfin, la rédaction d'un tel travail porte sur de nombreux mois. Nos idées ont évolué au cours de la rédaction de ce rapport notamment sur la valeur de la théorie du « Road Pricing » que nous n'avons vraiment appréciée que lorsque nous avons été en mesure de la généraliser. Nous avons essayé d'éliminer les contradictions entre des documents rédigés à des époques différentes; il se peut cependant qu'il en subsiste encore quelques traces.

**PREMIÈRE PARTIE**  
**DONNÉES ET RECHERCHES**



## CHAPITRE 2

### DONNÉES

#### 2.0 Résumé

Ce chapitre rassemble un certain nombre de données sur la structure actuelle des budgets routiers en recettes et en dépenses.

Bien que cette organisation soit évidemment éloignée de l'optimum économique on verra que certains de ces éléments pourront être conservés dans une organisation rationnelle; par exemple, parmi les recettes, les taxes sur les carburants (2.12), à condition de fixer leurs taux à un niveau modéré, et les impôts fonciers et autres impôts sur les rentes (2.13).

Les organismes dotés d'autonomie financière que nous proposons de créer au chapitre 7 emprunteront de nombreux traits aux sociétés autoroutières existant en France comme en Italie (2.2).

Enfin, le système de perception de péages connu sous le nom de système ouvert, système que nous proposons d'adopter, a déjà été appliqué en Italie et à un moindre degré en France (2.3).

#### 2.1 LA SITUATION ACTUELLE DANS LE DOMAINE DES RECETTES ET DES DÉPENSES

##### 2.10 Résumé

La situation actuelle est analysée dans le présent chapitre où des renseignements généraux sont donnés sur les recettes et dépenses relatives aux infrastructures routières.

Ce chapitre traite d'abord des dépenses et en premier lieu donne des renseignements sur le coût de différents éléments d'infrastructure routière. Puis il traite des recettes spécifiques qui sont pour partie les impôts ou redevances payés par les usagers des infrastructures routières. Parmi les impôts, il y a lieu de citer la taxe sur les carburants, les taxes d'achat et les licences annuelles; parmi les redevances, les péages.

L'impôt foncier et la patente sont des impôts sur les rentes qui alimentent traditionnellement les budgets des collectivités locales et, bien que l'affectation de ces ressources ne soit pas toujours explicite, on peut considérer cependant qu'elles servent à financer en partie, ou en totalité, les dépenses routières de ces collectivités. A ces impôts sur les rentes on peut rattacher la question de la récupération des plus-values foncières ainsi que les droits de voirie.

Enfin, sont indiqués les montants des budgets routiers d'une année récente pour les pays de la CEE et le Royaume-Uni.

Au cours des dernières années, l'accroissement très

rapide du parc et de la circulation automobiles a eu pour conséquence une augmentation très importante du produit de la fiscalité spécifique routière.

Les sommes que les États et les collectivités locales ont consacrées aux réseaux routiers pour leur entretien ou leur équipement n'ont pas suivi, en général, la même évolution, malgré la mise sur pied de méthodes nouvelles de financement. La comparaison des budgets routiers des différents pays est délicate: la répartition de la circulation selon les axes, la longueur initiale du réseau et son état, le relief et les conditions climatiques, influent sur le montant souhaitable de ces budgets.

La comparaison des recettes et dépenses, dans chaque pays, doit être faite avec précaution car actuellement encore l'affectation de ces différentes ressources aux dépenses routières est plutôt l'exception que la règle et, en tout cas, quand il y a affectation, elle n'est que partielle.

Les avantages attachés à ces différentes recettes sont:

- 1° le faible coût de perception;
- 2° le fait que certaines, comme les impôts sur les rentes, sont rigoureusement neutres et que les autres, comme on le verra plus tard, sans être rigoureusement neutres, ont une quasi-neutralité à condition que leur taux soit modéré.

Les inconvénients sont analysés dans les chapitres ultérieurs, les principaux étant que certaines de ces recettes, notamment les taxes spécifiques, ne satisfont pas rigoureusement aux objectifs économiques définis au chapitre I.

##### 2.11 Coût des infrastructures routières

Il est difficile de donner des indications de portée générale sur les coûts de construction d'autoroutes, tant les facteurs géographiques (urbanisation, relief, etc.) et économiques (prix de la main-d'œuvre et du terrain, équipement des sociétés, fractionnement des travaux, etc.) peuvent les faire varier.

Toutefois, il est frappant de remarquer la similitude de composition des coûts de travaux dans les projets français, belges et allemands (moyennes):

- 43 % pour les terrassements;
- 28,5% pour les ouvrages d'art;
- 28,5% pour la chaussée.

Par contre, les frais annexes (études, achat de terrains, équipements divers, éclairage, sécurité, etc.) varient largement.

Ils représentent, en France, 15 à 30% du coût des travaux.

Ainsi les seuls achats de terrains sont entrés dans le coût total pour:

- 5 % pour l'autoroute Estérel-Côte d'Azur;
- 17,5% pour l'autoroute Roi Baudouin (Anvers-Aix-la-Chapelle);
- 18 % pour l'autoroute Genève-Lausanne;
- 20 % pour l'autoroute Est de Marseille ou Rive de Gier-Saint-Chamond.

Avec toutes les réserves précédentes sur leur signification, il est cependant intéressant de comparer les coûts kilométriques dans les différents pays:

- a) la possession de voitures particulières a été considérée (et est encore considérée) comme un signe extérieur de richesse. Il était donc tentant d'y chercher un champ d'application pour une taxe de luxe. De plus, la facilité, le faible coût de perception de taxes sur les carburants, et l'apparente inélasticité de la consommation permettent l'application de taux élevés;
- b) la fiscalité routière a été souvent conçue comme un instrument de coordination des transports. Dans

Pays	Autoroutes	Coût kilométrique (millions de FF)	Observations
Belgique	Roi Baudouin (Anvers-Aix-la-Chapelle) (154 km) programme quinquennal (564 km)	5,65	dont 4,7 de travaux
France	Moyenne nationale	3,7	dont 1,2 terrassements 0,8 ouvrages d'art 0,8 chaussée 0,9 frais annexes
Italie	Autoroute du Soleil (755 km)	2,85	dépenses de terrains négligeables
Pays-Bas	Programme quinquennal (800 km)	5,5	relief très favorable
Allemagne	Autoroutes récemment construites (1965)	9,2	variation très grande 10 pour déviation Hambourg 3 pour autoroute Hanovre
Royaume-Uni	Autoroutes en construction	4,5	
Suisse	Genève-Lausanne (50 km)	9	18% de terrains
États-Unis	Programme Interstate (65 000 km)	7,7	Autoroutes urbaines de San Francisco trois à quatre voies: 74 millions le km
Autoroutes urbaines	Coût moyen estimé du boulevard périphérique Paris	44	
	partie exécutée	26,4	
	id. viaduc Porte de Versailles	21,5	
	Tokyo	33,3	

Il est intéressant d'indiquer à titre de comparaison le prix de revient de certains ouvrages spéciaux:

Souterrain de métro à deux voies en terrain normal (Paris)	27
idem dans nappe aquifère	34

## 2.12 Caractéristiques des fiscalités spécifiques européennes actuelles

Dans la quasi-totalité des pays, les transports routiers sont soumis à une fiscalité particulière. A des raisons historiques s'ajoutent plusieurs autres raisons qu'il est nécessaire d'avoir présentes à l'esprit pour juger les différents systèmes:

Les infrastructures des transports routiers sont construites et, pour la plupart, gérées par des collectivités publiques. Actuellement, l'idée de percevoir un droit d'usage de cette infrastructure se répand de plus en plus. Même si les ressources ainsi dégagées ne sont pas *stricto sensu* affectées aux budgets routiers, l'idée de couvrir les dépenses par une fiscalité spécifique est maintenant très répandue.

Mais les raisons historiques de l'application d'une fiscalité routière sont autres:

de nombreux pays ses modalités et son niveau ont été fixés en même temps que les règles de contingentement pour éviter une concurrence jugée ruineuse pour les transports par chemin de fer ou voie d'eau.

Le tableau 1 montre le schéma général de la fiscalité routière dans six pays d'Europe en 1964<sup>(1)</sup>. La décomposition en quatre rubriques ne s'impose pas mais correspond à des faits générateurs et des assiettes différents; après paiement d'une taxe à l'achat, un véhicule est soumis à un tarif binôme d'assiette variable. L'activité de transporteur est le plus souvent taxée en sus à un taux voisin de celui des autres prestations de services:

- a) Les taxes à l'achat ou à l'immatriculation sont de taux très variables selon les pays. Elles comprennent une part de taxe de luxe en Belgique et au Royaume-Uni. Par contre, les véhicules sont exonérés de la taxe générale sur les transactions en Allemagne et au Royaume-Uni pour les véhicules commerciaux.

(1) Des modifications sont intervenues depuis cette époque dans le sens de la hausse en Belgique et aux Pays-Bas.



TABLEAU N° 1

## Fiscalité des transports routiers en Europe (1964)

			Belgique	France	Italie	Pays-Bas	Allemagne	Royaume-Uni
Taxe sur les transports	transports publics	voyageurs	C.A. 6 %	C.A. 8,5 %	C.A. 8,8 %	C.A. 3 %	C.A. 6 à 12 %	néant
	transports pour compte propre	marchandises	C.A. 6 %	néant	C.A. 3,3 % + droit de timbre fixe	C.A. 3 %	C.A. 4 à 7 %	néant
Taxe sur les carburants par litre en centimes français équivalents de pouvoir d'achat et en % du prix	essence	voyageurs	néant	néant	néant	néant	néant	néant
	gas-oil	marchandises	néant	néant	néant	néant	taxe à la t/km à longue distance + 1,78 % C.A.	néant
Taxe annuelle sur les véhicules	voitures privées		48,5/70,6 %	71,76/74,4 %	50,3/72,6 %	38,6/55,6 %	36,4/60,5 %	2/9 par gallon (0,29 FF/litre)
	véhicules commerciaux		6/23,6 %	44,03/67,9 %	41/67,0 %	1,52/6,8 %	33,2/57,4 %	idem
Taxe à l'achat ou à l'immatriculation	voitures privées		CV fiscaux surtaxe pour plus de 30 CV	CV fiscaux surtaxe pour plus de 17 CV	CV fiscaux	poids mort (par 100 kg) surtaxe 156 % pour Diesel	cylindrée (par 100 cm <sup>3</sup> )	forfait
	véhicules commerciaux		poids mort (par 100 kg) surtaxe pour plus de 1 t sur poids total	CV fiscaux jusqu'à 3 t de P.T.A.; P.T.A. au-dessus de 3 t; surtaxe pour plus de 6 t	puissance pour autobus-charge utile pour camions	idem	poids total autorisé (par 200 kg)	nombre de places pour autobus poids mort pour camions
Taxe à l'achat ou à l'immatriculation	voitures privées		18 % du prix	CV. fiscaux (carte grise)	3,3 % du prix si neuve	18 + 0,65 % du prix	néant	25 % du prix
	véhicules commerciaux		13 % du prix	idem réduction de 50 % pour 2 t	idem selon C.U. si occasion	(5 + 4,5) + 0,65 % du prix	néant	néant

C.A. : chiffre d'affaires  
P.T.A. : poids total autorisé  
C.U. : charge utile

La fraction spécifique de ces taxes est en général assez faible.

- b) L'activité de transporteur est le plus souvent soumise à une taxe sur le chiffre d'affaires voisine de celle qui frappe les autres activités productrices de services. Seul le Royaume-Uni l'exonère. En France, la taxe sur les prestations de services (TPS) a été supprimée en 1956 sur les transports de marchandises pour harmoniser les conditions fiscales de ces transports avec le régime de la SNCF<sup>(1)</sup>

- c) Avec la taxe sur les carburants, la spécificité de la fiscalité apparaît nettement.

Le prix de revient à la production ou à l'importation des produits pétroliers étant voisin dans tous les pays, on voit que le taux de la taxe varie beaucoup. Celui-ci est très fort en France où la part de fiscalité générale dans cette taxe est très faible (3%).

La différence essentielle entre les systèmes provient du rapport entre la taxe sur l'essence et la taxe sur le gasoil.

Rapport des taxes sur l'essence et le gas-oil

Belgique . . . . .	7,8
France . . . . .	1,6
Italie. . . . .	1,57
Pays-Bas . . . . .	23
Allemagne . . . . .	1,1
Royaume-Uni. . . . .	1

En Belgique et aux Pays-Bas, le faible prix du gas-oil n'est qu'en partie compensé par une surtaxe annuelle sur les véhicules (de 83 à 124% en Belgique et 250% environ aux Pays-Bas) utilisant ce carburant.

La plupart des véhicules diesel étant des véhicules commerciaux, il faut voir là une sous-taxation volontaire du transport utilitaire par rapport au transport personnel.

- d) Actuellement, la principale controverse au sujet d'une éventuelle harmonisation des fiscalités routières dans le cadre de la CEE a trait aux taxes annuelles sur les véhicules utilitaires.

<sup>(1)</sup> Récemment la TVA a été appliquée à tous les transports en France.

Trois systèmes d'assiette s'opposent :

- le poids à vide utilisé au Benelux;
- le poids total admissible utilisé en Allemagne et en France;
- la charge utile utilisée en Italie.

De plus, de nombreuses exceptions ou conditions particulières sont prévues dans les divers pays :

- surtaxe du diesel en Belgique et aux Pays-Bas;
- modification de l'assiette au-dessous de 3 t; en France, utilisation de la puissance fiscale;
- abattement pour remorques ou semi-remorques (Luxembourg, Allemagne, France);
- différence suivant l'ancienneté du véhicule (France, Belgique);
- réduction du taux pour autobus et autocars (Allemagne);
- différenciation selon le statut — public ou privé — du transporteur (France);
- régime spécial du transport pour compte propre (France): réduction par rapport au transport public mais en fait augmentation par rapport à l'entreprise appartenant à un groupe professionnel.

A titre indicatif, les tableaux 2 a) et 2 b) indiquent les taxes que paie un véhicule par kilomètre dans les différents pays. La principale différence provient des parcours moyens effectués par une même classe de véhicules.

### 2.13 Rentes et plus-values des rentes

Dans tous les pays, le phénomène d'urbanisation a provoqué une hausse très rapide des rentes foncières qui entrent pour une large part dans le coût des travaux routiers en zone urbaine (autoroutes urbaines de San Francisco, 74 millions de F le kilomètre). Cependant, le haut niveau actuel de ces rentes s'explique par la conjonction de plusieurs phénomènes :

- la rareté de terrains aménagés, qui crée une hausse générale des rentes;
- les difficultés de déplacement, qui entraînent une hausse très forte des valeurs foncières au centre des villes.

TABLEAU N° 2a

#### Taxes spécifiques routières

Exemple de calcul pour un véhicule personnel de 9 CV et 1 600 cm<sup>3</sup>

	France	Italie	Pays-Bas	R.F.A. (1965)	Belgique
Part variable (taxe sur carburants)	665 FF	102 448 Lit.	525 Fl.	660 DM	6 956 FB
Part fixe (taxe sur véhicules)	120 FF	46 950 Lit.	96 Fl.	230 DM	1 620 FB
TOTAL en francs français de la taxation annuelle	785 FF	1 186 FF	855 FF	952 FF	850 FF
Pourcentage de part fixe	15	31,4	15,5	26	18,9
Parcours moyen en km (annuel)	9 500	12 000	18 700	18 400	12 000
Taxe au km (en centimes français)	8,45 CF	9,80 CF	4,57 CF	4,95 CF	7,1 CF

TABLEAU N° 2b

## Taxes spécifiques routières (en francs belges)

Exemple de calcul pour un véhicule utilitaire

de 16 t. P.T.A.  
7 t. Poids à vide  
9,3 t. Charge utile

	Allemagne	France	Italie <sup>(1)</sup>	Pays-Bas	Belgique
Taxe annuelle	45 612	22 000	10 737	41 000	44 520
Taxe sur les carburants	103 850	50 000	50 835	8 000	6 000
TOTAL	149 462	74 000	62 572	49 000	50 520
Parcours moyen (km)	67 000	45 000 <sup>(2)</sup>	35 000	19 000	33 000 <sup>(2)</sup>
Taxe au km	2,23	1,7	1,79	2,6	1,53

<sup>(1)</sup> Camion FIAT 17 t de P.T.C. et 10 t de C.U.<sup>(2)</sup> Moyenne entre transport public et privé.

La création d'un axe de transport améliorant les communications se traduit par des plus-values sur les terrains et les immeubles desservis par suite de l'amélioration des liaisons avec le ou les centres<sup>(1)</sup>. Mais la simple croissance de la ville comme celle du niveau de vie entraînent une augmentation générale et régulière des rentes foncières. Ces phénomènes sont analysés dans l'annexe 4.32. La spéculation n'est qu'une anticipation sur le déroulement du processus. Elle ne joue donc pas, contrairement à l'opinion générale, un rôle économique important car s'il n'y a pas de spéculateur la rente existe tout de même et est perçue par le détenteur.

Tous les pays ont cherché à enrayer cette hausse parce qu'elle rend de plus en plus coûteux les travaux d'aménagement urbain inéluctables.

Faute d'être parvenu directement à éviter ces inconvénients par une politique suffisamment prévoyante d'achats anticipés de terrains en zone rurale et d'équipement de terrains et de création de nouvelles infrastructures de transport, on a cherché à stabiliser les prix par diverses interventions. On a en général voulu leur donner le sens d'une récupération, au profit de la collectivité, de plus-values constituant un enrichissement sans cause.

### 2.13.1 L'ACCAPAREMENT À LA SOURCE DE LA PLUS-VALUE

Système très ancien, depuis les travaux d'assèchement du Marais de Paris et le percement du boulevard Haussmann, il s'est développé en France ainsi que dans quelques autres pays.

La plus-value peut être retenue à l'occasion du versement de l'indemnité d'expropriation pour travaux d'utilité publique. Depuis la loi de 1962, la base de la détermination de cette indemnité est en France la valeur des biens expropriés un an avant l'ouverture de l'enquête. De même, dans la plupart des pays socialistes, l'indemnité est déterminée selon un barème fixe ne tenant pas compte du marché. En Allemagne et en

Grande-Bretagne, les modes de fixation aboutissent en général à prélever une partie de la plus-value à l'occasion de l'expropriation.

Les procédures spéciales relatives à certaines zones (ZUP ou zones à urbaniser en priorité, et ZAD ou zones d'aménagement différé) procèdent en France du même esprit; lorsque l'expropriation est effective, la base de détermination de l'indemnité est la valeur du bien un an avant la création de la zone.

Souvent, les collectivités intéressées ont la possibilité d'acquérir les biens appelés à être utilisés pour une opération entraînant une plus-value. Après cette opération, les terrains sont soit loués à bail emphytéotique de longue durée (Suède, Norvège, Pays-Bas) soit revendus (Danemark, Israël, France).

Dans certains pays existe, d'autre part, un droit de préemption sur les terrains ou immeubles situés dans des zones spéciales: l'État peut revendiquer le bien dès l'instant où son propriétaire le met en vente (Norvège, Allemagne, France). Cependant, seule la France prévoit, dans ce cas, la fixation du prix comme en matière d'expropriation.

### 2.13.2 LA FISCALITÉ FONCIÈRE

La récupération des plus-values nées de travaux d'aménagement urbain et les possibilités de financement de travaux routiers par la fiscalité foncière ne constituent qu'une partie du problème du choix du système de fiscalité. La neutralité, l'incitation à une meilleure utilisation du sol, la stabilisation — illusoire — des prix, sont les buts ordinairement recherchés par l'imposition des biens immobiliers.

On peut distinguer les impôts sur la valeur et les impôts sur l'accroissement de la valeur.

#### 2.13.21 Impôts sur la valeur<sup>(2)</sup>

Système traditionnel dans de nombreux pays, il n'a pas d'action sur la baisse des rentes foncières quand il y a pénurie de terrains car il est très facilement répercuté sur l'acheteur:

<sup>(1)</sup> Par contre, l'amélioration de la vitesse sur les lignes existantes diminue les rentes au centre de la ville.

<sup>(2)</sup> CREDOC: *La valeur du sol et ses facteurs*, 1965.

- a) L'impôt français sur la valeur locative des biens immobiliers est très variable selon les communes même contiguës; son montant est trop faible pour avoir une influence sur la mobilisation des terrains; à Marseille un propriétaire de 1 000 m<sup>2</sup> au centre paye 256 F par an pour une valeur d'environ un million et demi de francs. La taxe de régularisation des valeurs foncières instaurée en 1964 se rapproche d'un impôt sur le capital. Mais elle a l'inconvénient de n'être perçue qu'une fois et son taux est trop faible (10 F par m<sup>3</sup> constructible);
- b) La Norvège (0,7%), Israël (3 à 4%), le Canada et, surtout, les États-Unis ont, par contre, mis sur pied un système d'impôt foncier efficace parce que révisé constamment. La «property tax» américaine est la plus intéressante: elle a rapporté 19 milliards de dollars en 1962, soit 17% des recettes fiscales totales mais est perçue la plupart du temps par les collectivités locales (comtés, villes, districts, etc.) dont elle est la principale ressource.

Elle est assise sur la propriété immobilière pour sa plus grande part (75%) ainsi que sur certains biens mobiliers (meubles meublants).

Des experts spécialisés appelés «assessors» évaluent pour l'administration la valeur des propriétés. Une remise à jour complète a lieu périodiquement (10 à 20 ans); entre temps, on tient compte des transactions effectuées. Les «assessors» sont des fonctionnaires élus pour, en général, deux ans, sans qualification professionnelle spéciale.

Dans les deux tiers des États, la valeur taxable est le prix du marché; ailleurs, c'est un pourcentage défini de ce prix (20% dans l'Arkansas, 60% dans l'Iowa et l'Alabama).

Cependant, il semble bien que l'évaluation soit systématiquement faite en deçà de la valeur prescrite par la loi (en moyenne 30%).

Le contribuable non satisfait de la valeur taxable peut faire appel devant les tribunaux, mais il a la charge de la preuve.

La «property tax» est un impôt de répartition: des propriétés identiques situées de part et d'autre de frontières de collectivités peuvent payer des sommes variant de 1 à 10.

La moyenne du taux annuel sur l'ensemble des États-Unis est d'environ 1,4% de la valeur vénale du bien, allant de 2,4% (Maine et Massachusetts) à 0,7% (Delaware).

Rarement un taux maximum est fixé par la loi.

Certainement efficace pour fournir des ressources adaptées aux diverses collectivités et inciter à rendre productives les propriétés immobilières, le système pourrait cependant être amélioré par l'interdiction des exonérations ou des différenciations de taux et par une meilleure information et défense du contribuable.

Il n'en reste pas moins un modèle du genre, surtout du fait de sa remise à jour continue.

### 2.13.22 Impôts sur la plus-value

La France détient probablement le record des essais dans ce domaine, en général mal appliqués et infructueux: décret de 1935, ordonnance de 1958, création d'une redevance d'équipement en 1961, instauration par la loi de finances de 1962 d'un prélèvement de 25% pour toute transaction sur un bien possédé depuis moins de sept ans, enfin incorporation des plus-values dans le revenu imposable à l'impôt sur le revenu depuis 1964.

Il ne semble cependant pas que l'un quelconque des systèmes ait réussi à maîtriser la hausse spéculative ou non des terrains, ni encore moins à augmenter la mobilité des propriétés.

La Norvège, la Suède, le Royaume-Uni, la république fédérale d'Allemagne, l'Italie et Israël ont des impôts semblables. La plus-value est, soit incorporée au revenu imposable, soit taxée à des taux en général progressifs.

Le système danois se distingue des autres par le fait qu'il existe depuis 1958 un impôt annuel en plus de l'impôt perçu à l'occasion des transactions.

Les plus-values constatées tous les cinq ans sont imposées à 4% par an. En fait, la taxe ayant été intégralement répercutée dans les prix, il a été décidé de maintenir le montant de l'impôt au niveau de 1960. L'effet de cet impôt a d'ailleurs été désastreux pour les sols agricoles non exemptés: la rentabilité étant souvent inférieure au taux, beaucoup ont été transformés en terrains à bâtir, sans qu'il en soit résulté une baisse générale des prix.

L'impôt sur le capital immobilier (ou général) inspiré de l'exemple américain, grâce à sa revalorisation constante, est un moyen de récupération de plus-values plus efficace que les systèmes, forcément beaucoup plus compliqués, qui consistent à essayer de les récupérer dans un but de justice sociale, au moment même où elles se produisent.

Il semble qu'aux États-Unis, le système de récupération sur les propriétaires d'une quote-part du coût des travaux publics dont ils bénéficient soit assez efficace. Là encore, la fixation de la quote-part récupérable sur chaque intéressé, qu'on appelle «special assessment», se fait par évaluation administrative.

### 2.14 Comparaison dépenses-recettes routières

Le tableau ci-dessous montre que dans la quasi-totalité des États (excepté la république fédérale d'Allemagne et, sans doute, les Pays-Bas), la participation des usagers est supérieure aux dépenses routières totales. Pour être significative, la comparaison devrait se faire avec les recettes fiscales spécifiques obtenues en retranchant des chiffres du tableau une somme correspondant à la fiscalité générale.

La Commission des comptes des transports de la Nation opère ainsi en France dans son rapport annuel: les recettes fiscales spécifiques ont été en 1964 de 9 030 millions seulement.

(1)	Belgique (millions FB)	France (millions FF)	R.F.A. (millions DM)	R.U. (millions livres)	Italie (milliards lire)	Pays-Bas (millions florins)
Dépenses routières 1964	11 000	5 360	9 055	316	302,7	1 057
dont emprunts	5 000	228	1 075	—	?	?
% du revenu national	1,8	1,7	2,9	—	1,13	2,1
Part de l'État dans les dépenses en %	55	25	56	58	44	42
Recettes fiscales routières	20 000	9 580	7 582	868	1 008	927
% par rapport aux recettes fiscales totales	10	9	7,5	—	17,35	8

(1) Source: statistiques de la Fédération routière internationale.

La différence constatée entre recettes et dépenses a des conséquences économiques d'autant plus importantes qu'elle affecte différemment les divers modes de transport. C'est dans ce but qu'elle est mise en relief chaque année par la Commission française déjà citée.

Dans la plupart des pays, les principes de l'unité du budget de l'État (et des collectivités locales) et de la non-affectation des recettes fiscales s'opposent à une affectation routière des recettes spécifiques prélevées sur les usagers de la route (Belgique, Luxembourg, Royaume-Uni).

Cependant, de plus en plus, l'idée d'affecter un pourcentage prédéterminé des recettes aux dépenses routières fait son chemin.

Cette affectation peut se faire:

- soit d'une manière purement formelle: elle ne sert qu'à déterminer le montant des dépenses que les collectivités publiques consacreront à la route. C'est le cas des États-Unis, pour le gouvernement fédéral et vingt-sept États. C'est également le cas de la République fédérale où une loi de 1960 a posé le principe du versement de la taxe sur les carburants au budget fédéral routier, à l'exception de certains prélèvements d'ailleurs variables; les pourcentages ont été fixés pour les années suivantes en 1964;

- soit à un «fonds routier», simple compte spécial du Trésor ou compte d'affectation spéciale. C'est le cas de la France depuis la loi de 1951 créant le «Fonds spécial d'investissements routiers» ou FSIR sur lequel sont prélevées toutes les sommes nécessitées par les investissements sur le réseau national et les subventions aux collectivités locales pour leur équipement routier. C'est également le cas de la Suède et du Danemark;

- soit à des organismes dotés de personnalité juridique chargés de la construction et de l'exploitation de routes et d'autoroutes et dotés de l'autonomie financière. Les versements provenant des recettes fiscales peuvent alors être complétés par des emprunts gagés sur le produit des péages. C'est le cas de l'Italie avec l'ANAS (Azienda Nazionale Autonoma delle Strade) et l'IRI (par sa filiale, la société Autostrade). C'est également le cas de la Grèce (Caisse nationale grecque).

Dans quelques cas, l'affectation se fait au profit des collectivités locales. Il s'agit alors plutôt d'une subvention à ces collectivités proportionnelle aux recettes totales de l'État.

Les pourcentages sont, soit fixés par la loi une fois pour toutes, soit révisés chaque année lors du vote du budget. En 1964, ils s'établissaient comme suit:

Pays	Pourcentage des taxes sur les carburants	Pourcentage des taxes sur les véhicules	Bénéficiaire
États-Unis (27 États)	100	100	Budget spécial des États
Suède	100	100	Fonds routier
Danemark	100	98,5	Fonds routier
Autriche	95 (dont 15 aux collectivités locales)	43 (collectivités locales)	Budget spécial ou collectivités locales
Suisse	70	—	Budget spécial
Allemagne	46 (50 en 1966)	100 (perçues par les Länder)	Bund ou Länder
Pays-Bas	13,5 <sup>(1)</sup> (collectivités locales)	65	Fonds routier et collectivités locales
Italie	14,5 <sup>(2)</sup>	14,5	ANAS et IRI
France	11,83	—	FSIR

(1) Quote-part du fonds communal dans les recettes des impôts d'État.

(2) En augmentation de 2% par an depuis 1962.

Cependant, avec l'accroissement prévisible des budgets routiers, envisagé en partie pour rattraper le retard pris en matière d'investissements routiers, il serait nécessaire d'accroître le pourcentage d'affectation.

Ainsi, en France, il est prévu au cours du V<sup>e</sup> Plan, de consacrer 26 milliards FF aux investissements routiers et environ 12 milliards FF à l'entretien du réseau, soit en moyenne, pour l'ensemble, 8 milliards par an, contre 5 en 1964.

Mais en raison de l'augmentation simultanée des autres dépenses de l'État, il a fallu trouver de nouvelles sources de financement pour faire face à cet accroissement des dépenses routières; de nombreux pays ont fait aussi appel à l'emprunt (voir tableau de la page 27). La Belgique, le Luxembourg, l'Espagne et la Grèce y font appel pour une large part de leurs dépenses routières; la France, avec la Caisse nationale des autoroutes, également mais pour une moindre part: ses emprunts sont garantis par l'État (ce qui permet des taux plus faibles que celui du marché).

Leur produit est redistribué aux collectivités locales qui l'apportent en capital aux sociétés d'autoroutes créées sur leur territoire. Il n'est en effet pas possible, comme dans la plupart des pays, de faire émettre les emprunts par le FSIR, simple compte spécial du Trésor. Ces emprunts ne peuvent être gagés sur des recettes fiscales ou des dotations budgétaires, mais peuvent l'être sur les recettes des péages que les sociétés d'économie mixte perçoivent.

C'est pourquoi, dans de nombreux pays, les «fonds routiers» sont dotés d'une certaine autonomie leur permettant d'émettre des emprunts:

- Caisse nationale grecque;
- Fonds routier belge.

Dans ce dernier cas, il n'y a pas autonomie financière totale: le service de la dette reste à la charge de l'État.

A l'inverse de ce qui se passe pour les États, le recours à l'emprunt est général parmi les collectivités locales selon des procédures variées:

- groupements intercommunaux belges pour la construction d'autoroutes (rendement indexé sur la circulation);
- caisses départementales de construction des routes grecques;
- emprunts contractés directement par les communes françaises. Les ressources procurées par ces emprunts ne représentent cependant qu'une faible part des dépenses des collectivités locales (environ 10%).

Comme le montre le tableau de la page 27, la part de l'État dans le financement des travaux routiers varie sensiblement d'un pays à l'autre.

Les collectivités locales participent pour une grande part aux dépenses:

- soit par des taxes spécifiques sur la circulation

automobile; c'est le cas des Länder<sup>(1)</sup> allemands et des différents États américains;

- soit par des taxes dont l'assiette n'a pas de rapport direct avec la circulation: taxe locale, patentes, contribution foncière et mobilière en France;
- soit en puisant dans leur budget alimenté par des reversements de taxes d'État selon des clés fixées ou non à l'avance: Pays-Bas, France: Fonds urbain et départemental d'investissements routiers.

Quel que soit le procédé de collecte des recettes, d'ailleurs, il apparaît que pour les collectivités locales les dépenses sont supérieures aux recettes fiscales spécifiques perçues par elles ou par l'État sur la circulation routière empruntant leurs réseaux.

Malgré leur étendue (89% du réseau français, 92% du réseau allemand), ceux-ci supportent en effet une faible part du trafic total (environ 10 à 20% du nombre de véhicules-km totaux en France).

Par contre, en France, les dépenses sur les routes départementales et communales atteignaient 2 000 millions de FF en 1964, les recettes perçues à l'occasion de la circulation correspondante n'étant que de 1 000 millions de FF.

Il est certain que l'intérêt économique de ces réseaux va au delà de la circulation qu'on y constate puisqu'ils constituent le point de passage obligé entre les propriétés terriennes et les réseaux d'intérêt général qu'ils alimentent. En leur absence, beaucoup de propriétés ne pourraient pas être exploitées.

Le cas français montre, cependant, que leur mode de financement n'est peut-être pas le plus approprié (aucune recette perçue localement sur la circulation, recettes des impôts fonciers faibles en rase campagne).

## 2.2 BUDGET ET GESTION DES SOCIÉTÉS AUTOROUTIÈRES

### 2.20 Résumé

Dans un certain nombre de pays, il existe des sociétés autoroutières dotées de l'autonomie financière.

Il y a là un exemple intéressant de défiscalisation des recettes. Il est donc utile d'étudier l'organisation et la gestion de ces entités ainsi que le niveau des péages qui doivent être pratiqués et celui des subventions éventuelles de l'autorité concédante.

Les exemples des sociétés italiennes et françaises ainsi que celui des autoroutes urbaines de Tokyo étudiés dans le présent chapitre fournissent d'utiles enseignements dont il sera tenu compte quand seront proposées, au chapitre 7 et au chapitre 9, les modalités d'application du système de l'équilibre budgétaire.

La tendance constatée en Italie vers la généralisation du système de perception des péages dit ouvert a influencé également les propositions que nous faisons dans ce sens.

(1) En fait, il s'agit de taxes perçues par le Bund et redistribuées aux Länder.

## 2.21 Autoroutes italiennes — Organisation de la société «Autostrade» (groupe de l'IRI)

Son capital est de 10 milliards de liras, ce qui représente seulement 1% du programme total de construction d'autoroutes évalué à environ 1 000 milliards de liras.

Jusqu'à présent (juillet 1965), 383 milliards de liras ont été dépensés, 10 milliards provenant du capital, 160 milliards d'obligations diverses, 46 de prêts bancaires, 77 de contributions publiques par l'ANAS, le solde étant représenté par des avances à court terme de l'IRI.

Le programme de construction d'autoroutes prévu par une loi de 1961 porte sur 4 756 km (5 300 environ, si on y comprend les liaisons autoroutières), à construire jusqu'en 1972, dont 2 226 confiés à l'IRI et le reste exécuté pour l'État par douze compagnies privées qui sont en réalité des compagnies où les fonds publics dominant (collectivités locales), les apports réellement privés ne représentant qu'une fraction minime du capital.

### Plan financier

La société «Autostrade» ne paie que des impôts nominaux.

Sont entièrement à la charge de son budget :

- les dépenses de construction;
- les intérêts intercalaires (calculés à 6,5%, ce qui est trop faible, vu l'état actuel du marché des obligations d'État à long terme);
- les dépenses d'entretien;
- les frais généraux d'administration.

Les recettes sont les péages et les recettes des aires de service (évaluées à 2% environ des recettes des péages).

On établit un plan financier prévisionnel et le déficit pendant la période de construction (actuellement de 37%) est couvert par une subvention d'équilibre de l'État remboursée en trente versements annuels, pendant la période de concession.

Ce plan est revu d'année en année de 1961 à 1972.

Un plan définitif sera établi en 1972 et, à partir de cette date, les pertes éventuelles seront supportées par l'IRI.

S'il y avait des recettes de péages supérieures aux prévisions du plan financier définitif, l'IRI les conserverait jusqu'à concurrence de 5% des recettes prévues, le solde étant versé à l'État.

La concession est en principe donnée jusqu'en l'an 2000. Il est possible qu'en cas de profit, la durée soit réduite, mais la loi est muette à ce sujet. Les autoroutes reviennent à l'État en fin de concession. L'idée est de supprimer les péages en fin de concession mais l'État adoptera peut-être une autre politique.

Les dépenses d'entretien ont été évaluées en 1961 à 4 millions et demi de liras par kilomètre et par an avec une formule de variation :

$$0,6 \frac{M}{MO} + 0,4 \frac{T}{TO}$$

*MO* et *M*: coût de la main-d'œuvre en juin 1961 et actuellement;

*TO* et *T*: trafic en juin 1961 et trafic actuel;

$\frac{M}{MO}$  est égal à 2 pour 1964.

La formule donne des résultats corrects. Les frais d'entretien sont de 8 millions et demi de liras en moyenne (12 millions pour les routes de montagne, 6 millions pour les routes de plaine).

Les frais généraux sont de 8% (au lieu de 6,5% d'après les estimations de 1961).

### Prévisions de trafic

On a supposé que l'ensemble du trafic de la route nationale parallèle à l'autoroute emprunterait cette dernière pour des parcours supérieurs à l'écartement des échangeurs. Pour le trafic des autres routes nationales, un pourcentage forfaitaire de détournement a été déterminé cas par cas.

On admit ensuite que le trafic augmenterait de 10% par an, chiffre réduit à 5%, et s'abaissant ultérieurement à 3 et à 2% dans les prévisions du plan financier. En fait, des augmentations atteignant jusqu'à 22% par an ont été constatées.

On a également estimé le trafic perdu du fait du péage (surtout pour les motocycles).

### Stimulation

On avait prévu un trafic induit qui, dans la première année, pourrait atteindre jusqu'à 25% pour les transports de personnes et 10% pour les marchandises. En fait, on a constaté que le taux de croissance du trafic sur l'autoroute était pendant les premières années double du taux observé sur la route parallèle et rejoignait celui-ci au bout de cinq ans.

### Niveau des péages

Ils ont été déterminés de manière à laisser environ 50% du surplus (au sens économique du terme) à l'usager: ce qui a conduit à la prise en charge par l'État d'un tiers environ des dépenses — ceci en moyenne — mais certaines catégories sont désavantagées; les grosses voitures à 8 liras/km supportent un péage qui est très voisin de celui que demanderait une recette maximum. Au contraire, les petites voitures à 3,8 liras/km et les poids lourds sont très au-dessous du péage qu'appliquerait le monopoleur. La catégorie moyenne paie 6 liras/km.

En fait, on estime que les avantages obtenus par les usagers et le coût occasionné par ceux-ci ne diffèrent pas sensiblement selon le type de voiture, ce qui devrait conduire à une uniformisation des péages qui abaisserait de plus les coûts de perception.

### Perception des péages

Pour un trafic de 12 000 véhicules/jour (et il ne faudrait pas faire d'autoroute pour un trafic inférieur), le coût de perception est de 8% des péages, la moitié correspondant au personnel et l'autre moitié correspondant au matériel y compris le centre électronique.

Les investissements nécessaires pour la perception des péages représentent 1 1/2% du coût de production. L'automatisation rend désirable l'unification des péages et on tend à réduire le nombre de classes à une seule. On tend à substituer des postes automatiques sur les chaussées aux postes actuels sur les échangeurs qui seraient au nombre de 400, ce qui donnerait un nombre excessif de combinaisons pour la tarification actuelle par origine-destination.

Le futur système de péages sera donc peut-être « ouvert » et permettra certains voyages gratuits.

Un poste automatique de cette espèce est à l'essai à Florence. Il permet de contrôler 600 véhicules par heure au lieu de 300 par guichet. L'employé appuie sur un bouton qui affiche le prix. Ce système permet d'éliminer presque toutes les causes de fraudes possibles aujourd'hui et notamment les fraudes concernant les billets perdus ou prétendus tels.

Une étude a été faite par la SOMEA<sup>(1)</sup> sur l'influence de la tarification sur le trafic. Des éléments de courbes de demande ont pu être établis. Malheureusement, s'il y a des compteurs sur les autoroutes et si l'« Autostrade » place des compteurs permanents sur les routes qui seront doublées plus tard par des autoroutes, pour avoir une évaluation du trafic, ni l'ANAS ni l'« Autostrade » ne placent de compteurs permanents sur les routes parallèles aux autoroutes en service, de sorte que pour celles-ci on ne peut se référer qu'au recensement quinquennal. Les résultats de celui de 1965 ne sont pas encore disponibles.

L'ANAS a bien voulu nous envoyer des renseignements au fur et à mesure du déroulement du recensement et notamment pour les mois d'avril, mai et juin. Cependant, l'interprétation est difficile, les jours variant d'une année à l'autre. Le dépouillement complet du recensement et son exploitation par l'« Autostrade » conduiront malheureusement bien au delà de la date limite de présentation de notre rapport. Cependant, l'« Autostrade » nous a communiqué les variations de trafic observées lors d'une réduction des péages pour les poids lourds et les voitures particulières sur l'autoroute Bologne-Florence.

Les renseignements que nous avons pu obtenir sur le réseau italien, en ce qui concerne les lois de demande du trafic routier, sont donc malheureusement très limités en raison des faibles moyens de comptage du trafic dont disposent les services compétents qui sont les premiers à regretter cet état de choses, car ils sont parfaitement au fait de tous les problèmes théoriques et pratiques soulevés par la tarification de l'usage des infrastructures routières. Il faudrait que la CEE trouve un moyen d'uniformiser la valeur des renseignements statistiques concernant le trafic obtenu dans les différents pays, le recensement quinquennal se faisant suivant des normes qui nous paraissent peu adoptées aux nécessités des études économiques modernes.

L'exemple italien est néanmoins très intéressant. Le système adopté a stimulé les investissements; la struc-

ture juridique d'« Autostrade », bien qu'elle puisse, semble-t-il, être encore améliorée, stimule l'efficacité des exécutants grâce à la contrainte d'équilibre budgétaire (le fait que cet équilibre budgétaire est « global » et comporte une participation de l'État ne semble pas diminuer l'efficacité de la société); les délais extrêmement courts dans lesquels la réalisation a été effectuée doivent être attribués à notre avis, en grande partie, à la stimulation causée par la charge des intérêts intercalaires, donc à la nécessité de percevoir des recettes aussi rapidement que possible.

Il y a deux causes de déficit dans les services publics :

- 1° le déficit dû à l'obligation de service public elle-même ou à la volonté de laisser à la disposition de l'usager une plus importante partie du surplus;
- 2° l'inefficacité du service public quand les stimulants n'existent pas pour une bonne gestion.

Un organisme ayant un statut analogue à celui d'« Autostrade », dont on pourra essayer de corriger certains défauts, semble être bien adapté à la nécessité de stimuler les investissements, de réduire les délais d'exécution, d'augmenter l'efficacité des services de construction, d'entretien et d'exploitation.

## 2.22 Autoroutes à péages françaises

L'insuffisance des crédits budgétaires a amené le gouvernement français à recourir à l'emprunt gagé sur des péages pour financer la construction des autoroutes de rase campagne.

Cinq sociétés d'économie mixte ont ainsi été créées et ont reçu pour trente-cinq ans la concession de :

- l'autoroute Estérel – Côte d'Azur (ESCOTA);
- l'autoroute de la vallée du Rhône;
- l'autoroute Paris – Lyon;
- l'autoroute Paris – Normandie;
- les autoroutes du Nord de la France.

La gestion de ces cinq sociétés est en fait confiée à la Société centrale d'équipement du territoire. De même, les études et le contrôle de la construction sont effectués par les services locaux des ponts et chaussées (service spécial des autoroutes).

La première société se distingue nettement des quatre autres en raison de son antériorité. La subvention en capital est la plus faible (28%) versée par la FSIR au fur et à mesure des travaux.

Cette subvention est remboursable sans intérêt, mais sur les bénéfices nets après prélèvement de réserves et de la rémunération de l'autre fraction du capital.

Cette deuxième fraction est fournie par les collectivités locales intéressées à partir d'emprunts; pour ESCOTA seulement, ces emprunts ont pu être faits à la Caisse des dépôts à 5,5% sur 30 ans. Pour les autres sociétés, la part financée sur emprunts, bien que plus réduite (65 à 70%), correspond à des obligations de la Caisse nationale des autoroutes (créée en juin 1963) à 20 ans, donnant approximativement des annuités de 9 à 10%.

Devant l'impossibilité d'assurer dans ces conditions

(1) Società per la matematica e l'economia applicata.



une rémunération convenable du capital, celui-ci a été fortement réduit par rapport à ESCOTA (0,5 à 2 millions contre 15). Il faut remarquer enfin que les déficits éventuels sont comblés par l'État (tranche nationale du FSIR) mais reportés et remboursés, semble-t-il, avec intérêt.

Pour les quatre dernières sociétés, il est difficile de parler d'équilibre budgétaire tant que les autoroutes correspondantes ne sont pas terminées; la situation actuelle revient à financer le déficit des premières années d'exploitation d'une section par les emprunts contractés pour la construction d'autres sections.

Par contre pour ESCOTA, qui dès 1961 a mis en service une section de 50 km, les résultats ont été excellents puisque l'équilibre financier a été atteint dès 1964. On prévoit, étant donné l'augmentation très rapide du trafic, un solde créditeur croissant de 1 à 12 millions de 1966 à 1973.

### 2.23 Autoroutes urbaines dans Tokyo

Le réseau a actuellement une longueur de 30 km et doit être doublé. Le trafic journalier est de 90 000 véhicules; il y a vingt entrées, tous les 500 mètres en moyenne, avec deux files et deux guichets; la capacité d'un guichet est de 500 véhicules - heure. La capacité de mélange dans le courant de la circulation de l'autoroute est de 600 véhicules-heure, de sorte que la plupart du temps un guichet suffit. Le parcours moyen est de 16 km, le parcours hors autoroute de 13,3 km se décomposant en: 7,7 et 5,6. Le péage est de 2 FF ou 4 FF suivant l'encombrement du véhicule; le péage kilométrique minimum calculé pour le parcours moyen de 16 km correspond donc à 12,5 centimes.

Sur les tableaux suivants figurent, pour deux échangeurs numérotés 1 et 2, le premier se trouvant dans le centre d'affaires, un certain nombre de renseignements, et notamment une statistique des longueurs de parcours pour les voitures passant dans chaque échangeur. On a également calculé le péage kilométrique pour un certain nombre de parcours; on voit que 11,6% des utilisateurs de l'échangeur 1 paient l'équivalent d'un péage kilométrique de 50 centimes.

Les renseignements qui précèdent sont extraits d'un article de l'ingénieur des ponts et chaussées A.G. Bonnet<sup>(1)</sup> et de renseignements verbaux qu'il a bien voulu nous communiquer.

Il semble qu'on pourrait tirer des statistiques dont nous avons donné un échantillon des renseignements permettant d'établir une loi de demande en site urbain.

Des renseignements recueillis, on peut déjà tirer des conséquences extrêmement importantes; les péages élevés qui sont pratiqués permettent d'amortir en trente-deux ans les obligations à 7,2% d'intérêt qui représentent 80% environ de la dépense, la dotation en capital provenant de fonds publics n'étant que de 20%. Les trente kilomètres en service représentent une dépense de 1 000 millions de FF.

<sup>(1)</sup> Les autoroutes métropolitaines de Tokyo. *Bulletin du P.C.M.* — Décembre 1965-Janvier 1966.

La justification économique de péages aussi élevés réside dans les économies de temps que ce réseau permet de réaliser par rapport à l'utilisation des rues de la ville extrêmement encombrées.

C'est une application de la théorie du concurrent<sup>(2)</sup>. Si l'on avait calculé les péages en fonction du degré de congestion existant sur l'autoroute, comme l'impliquerait la théorie simplifiée présentée en 3.21, les péages appliqués auraient dû être beaucoup plus faibles.

Le réseau de Tokyo est congestionné depuis sa création; il en résulte que l'application d'une taxe de congestion en ville devrait entraîner l'augmentation du péage sur l'autoroute d'une quantité égale à la taxe de congestion.

Il en résulterait un superéquilibre budgétaire pour l'autoroute qui, à notre avis, n'aurait pas de justification économique.

#### Échangeur 1

##### CENTRE D'AFFAIRES Rayon d'appel 1 km seulement

Longueur parcours km	Tarif kilométrique calculé centimes	Pourcentage d'utilisateurs
3,5		0,8
4	50	11,6
9,5	21	35,8
14		51,8
11,1	18	moyenne

#### Échangeur 2

##### Trajet moyen 16 km

9,5	21	2,4
12,5	16	19,3
13,5		9
14		13
16	12,5	21,5
17		8,6
20,5		7,3
22		5
24,5		2,4
25,5		7,2

## 2.3 LES TECHNIQUES DE PERCEPTION DES PRIX POUR L'UTILISATION DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES

### 2.30 Résumé

Les frais de perception des taxes et licences sont minimes et c'est une des raisons de leur maintien. Quant à ceux des péages, bien que non négligeables, ils sont nettement inférieurs au coût de commercialisation des billets des compagnies aériennes, qui est de l'ordre de 30% des recettes en France, et aux coûts de perception

<sup>(2)</sup> Annexes 4.11 et 4.12.

du métro et des autobus, qui sont à Paris de 16% et 27,5% respectivement<sup>(1)</sup>.

Le coût de commercialisation des billets de chemin de fer est du même ordre de grandeur que les frais de perception des péages.

L'automatisme réduit encore ce coût; il nécessite l'utilisation du système ouvert, mais ce système est également nécessaire si on veut appliquer la déperéquation des péages dans le temps.

Nous considérons cette dernière exigence comme essentielle et c'est la raison pour laquelle nous proposons d'adopter le système ouvert suivant la tendance qui paraît prévaloir maintenant en Italie.

Si faible que soit le coût de perception des péages, il conduit néanmoins à des pertes économiques si on maintient la perception pendant les heures creuses. Pour cette raison, nous arrivons à la conclusion que pendant les heures creuses, soit environ huit heures par jour, aucun péage ne doit être perçu sur les autoroutes<sup>(2)</sup>.

Le dernier paragraphe du chapitre contient un exposé des méthodes de perception directe étudiées et proposées par la commission royale britannique du «Road Pricing».

Nous ne recommandons pas dans la suite de ce rapport l'emploi de telles méthodes dont les avantages par rapport à des moyens beaucoup plus simples, tels que les vignettes, ne sont pas suffisamment marqués pour justifier l'organisation complexe qu'elles rendent nécessaire.

Il est à remarquer qu'en Grande-Bretagne, malgré la fermeté des propositions présentées en faveur de ces méthodes de perception par la commission royale du «Road Pricing», aucune suite pratique n'a été donnée, pour l'instant, à ces propositions.

## 2.31 La perception des péages

### 2.31.1 LES MODES DE PERCEPTION

La méthode la plus courante de collecte des péages, c'est-à-dire des redevances pour l'utilisation d'un ouvrage public bien déterminé, consiste encore à interposer une barrière sur le chemin de l'utilisateur où un péager perçoit la somme due. Cette solution est adoptée dans tous les pays pour les ponts, tunnels, bacs, etc. et partiellement dans quelques pays pour les autoroutes de rase campagne (Italie, États-Unis, France) et même en zone urbaine (États-Unis, Japon).

Il est possible d'en imaginer beaucoup d'autres dont celles qu'une commission royale britannique a présentées dans le rapport du «Road Pricing» (2.32).

(1) Depuis la rédaction de ce chapitre les tarifs de transport en commun ayant été augmentés à Paris, les pourcentages actuels sont plus faibles de 38% environ.

(2) Cependant, un système de vignettes que l'on contrôlerait par sondages avec personnel réduit pourrait être envisagé ou, dans le cas du système ouvert, le péage automatique.

### 2.31.2 LE SYSTÈME DIT « FERMÉ »

Sur une autoroute isolée, l'utilisateur n'est arrêté que deux fois: à son entrée où une simple carte perforée lui est remise, à sa sortie où, sur remise de cette carte, une somme calculée par un ordinateur lui est demandée.

Seuls les postes de perception du début et de la fin de l'autoroute sont situés en travers de la chaussée. Les autres sont construits à la sortie des échangeurs qui sont alors quasi obligatoirement en forme de trompette.

L'augmentation du coût de l'autoroute est donc sensible.

Le système comporte des avantages annexes non négligeables:

- facilité d'établissement des statistiques origine-destination du trafic à partir des cartes perforées;
- possibilité de moduler le taux des péages selon de plus nombreuses catégories de véhicules, la rapidité de perception étant moins astreignante.

De plus, il n'est pas nécessaire comme pour le système ouvert d'obtenir des péages simples correspondant à des pièces de monnaie courante.

Par contre, ce système ne peut pas être automatisé et il empêche pratiquement de moduler le tarif selon l'heure et le jour d'utilisation de l'infrastructure.

### 2.31.3 LE SYSTÈME DIT « OUVERT »

La barrière est placée sur l'autoroute elle-même. C'est l'extension à des infrastructures du système habituel pour les ponts et tunnels (Tancarville, tunnel du Mont-Blanc, etc.). Si l'on désire que tout usager, quelles que soient son origine et sa destination, rencontre une barrière de péage, cela conduit à des dépenses élevées à moins de limiter le nombre d'échangeurs. On peut quelquefois les réduire sans inconvénient en rase campagne.

Toutefois, en zone urbaine, il est possible, d'une part, d'admettre les arrêts relativement fréquents des automobilistes (3 à 5 km), d'autre part, de ne placer qu'une barrière pour deux échangeurs donnant ainsi la possibilité à certains usagers de voyager gratuitement sur de très courtes distances. Cette dernière solution est maintenant courante aux États-Unis (Boston) et ne conduit qu'à une perte très faible de recettes (environ 5%).

Un avantage du système ouvert réside dans la faiblesse des dépenses de premier établissement qu'il requiert. L'augmentation du coût de l'autoroute est faible, la superstructure nécessaire à l'exploitation réduite pour le nombre de véhicules qu'elle permet de traiter.

L'automatisation de la perception y est financièrement très rentable.

L'obligation dans laquelle on est avec cette méthode d'arrêter assez fréquemment les véhicules, a conduit les exploitants d'autoroutes françaises à limiter son utilisation aux courts tronçons (en ouverture provisoire le plus souvent).

Les Italiens, par contre, y reviennent par suite de la complication et de l'augmentation sensible du coût de fonctionnement du système fermé, au fur et à mesure du développement du maillage du réseau.

De plus, c'est bien le seul système qui permette la modulation des tarifs suivant l'heure de la journée.

#### 2.31.4 LE SYSTÈME MIXTE

Sur certaines autoroutes de rase campagne à trafic assez important et à un sens de trafic préférentiel (ce qui permet de construire des demi-échangeurs), il est envisagé d'utiliser un système mixte (autoroute Paris-Normandie). Les barrières sur la chaussée principale ne sont placées que tous les deux ou trois échangeurs construits normalement (en losange le plus souvent). Dans des postes simplifiés automatiques placés sur les bretelles des autres échangeurs de raccordement, des sommes forfaitaires simples sont perçues en complément de celles déjà perçues sur l'autoroute.

#### 2.31.5 LES COÛTS DE PERCEPTION

##### 2.31.51 *Système ouvert*

Dans ce système les dépenses de construction sont moins élevées, mais il nécessite, par contre, des dépenses d'exploitation non négligeables, essentiellement en raison du nombre d'agents de perception.

Le montant total semble peu variable avec le trafic, ce qui entraîne de fortes variations du pourcentage qu'il représente par rapport aux recettes comme le montre le tableau suivant (trafic en millions de véhicules, recettes et frais de perception en millions d'unités monétaires nationales):

	Trafic	Recettes	Frais de perception	Pourcentage des frais par rapport aux recettes
Autoroute des Laurentides (Canada) 1963				
Poste Laval	11,2	2,42	0,19	8
Poste Ste-Thérèse	4,7	1,15	0,15	12,5
Poste St-Jérôme	3,7	0,89	0,15	16
Garden State Parkway (New Jersey, USA)				
Total 1963	—	25,3	1,69	4,3
Total 1964	—	27,4	1,90	5,2
Autoroute Paris-Normandie Poste Buchelay				
1965		4,5	0,54	12
1966		4		

L'automatisation de la perception, qui existe déjà en France (autoroutes Paris-Lyon et Paris-Normandie), permet d'améliorer considérablement les débits de passage par voie:

- 300 véhicules/heure en manuel;
- 500 véhicules/heure en automatique, pouvant atteindre même 700 véhicules/heure lorsque les usagers seront habitués au système.

En conséquence, elle réduit le nombre de voies nécessaires pour un même débit de pointe.

Cependant, l'état actuel de la technique ne permet pas d'automatiser le passage des poids lourds pour lesquels il faudrait déterminer le nombre d'essieux et le poids total car la tarification est basée sur la charge par essieu.

De plus, un nombre important d'usagers ne dispose pas de la monnaie nécessaire au fonctionnement du système automatique (ceci d'autant plus que la somme est plus importante). Il faut donc prévoir une voie manuelle supplémentaire pour chaque sens.

Il n'en reste pas moins que l'automatisation réduit les frais de perception. Ainsi, sans tenir compte de la diminution du prix de l'infrastructure par réduction du nombre de voies, le bilan peut s'établir ainsi (en francs français):

Prix du matériel automatique . . . . . 120 000  
(pouvant être réduit si l'on admet un nombre limité de sortes de pièces et par la fabrication en série)

Prix d'un îlot et de deux cabines . . . . . 27 000

Augmentation du coût de la superstructure . . . . . 93 000

Économies d'exploitation annuelles . . . . . 72 000  
traitement de neuf cabiniers (2 x 4,3 pour tenir compte de 3 x 8 heures et des congés)

L'avantage de rentabilité est donc très important. Cependant, il sera plus réduit lorsque l'éducation de l'utilisateur aura été parfaite, chaque voie à perception manuelle pouvant débiter jusqu'à 500 véhicules par heure aux États-Unis.

Il est économiquement justifié de se dispenser de perce-

voir tout péage pendant les heures creuses et principalement la nuit.

Certes, les dépenses d'exploitation ne sont pas strictement indépendantes du trafic. Cependant, d'une part leur variation est faible; d'autre part, il existe un seuil au-dessous duquel elles ne peuvent descendre, quel que soit le trafic.

Ainsi la comparaison de la perte économique causée

par la suppression de la perception du péage pour des trafics faibles et de l'économie d'exploitation qui s'en déduit, doit permettre de situer le seuil de rentabilité.

Sur les autoroutes suburbaines ou urbaines, la perception des péages, et donc l'installation des barrières, est en général justifiée par les forts trafics de pointe (trafic moyen des samedis sur l'autoroute du Sud de Paris: 80 000 véhicules).

Mais il est fondé économiquement de ne pas faire payer pendant les heures creuses, c'est-à-dire en pratique la nuit.

En effet, actuellement la taxation au kilomètre par l'intermédiaire de l'essence varie de 4 à 7 centimes selon le type de véhicule de tourisme. Il faudrait donc en théorie se dispenser de percevoir tout péage tant que le coût marginal social ne dépasse pas cette valeur. Le seuil de perception baissera évidemment avec la taxe sur l'essence; on peut cependant voir que même si celle-ci était supprimée, il ne faudrait pas percevoir de péages la nuit du simple fait du coût de la perception.

Prenons l'exemple de l'autoroute du Sud de Paris: le trafic ne dépasse pas 1 000 véhicules/heure (deux sens réunis) pendant 6 heures, et 1 500 véhicules/heure pendant 8 heures, de 22 heures à 6 heures du matin, les jours de semaine.

Les économies qui résulteraient de la suppression de toute perception correspondraient à la suppression d'un poste de 8 heures (ici: 1 contrôleur, 1 receveur, 1 surveillant, soit 45 000 FF). On supposera que l'on conserve un surveillant de nuit, en cas d'incident, et que toutes les installations restent éclairées dans un but de sécurité.

La perte économique correspondante peut se calculer de la manière suivante<sup>(1)</sup>:

Les trafics de l'autoroute pendant la nuit sont, pour un jour moyen, donnés par le tableau suivant (nombre de véhicules):

Jours de semaine		Samedis et veilles de fêtes		Dimanches et fêtes	
Vers Paris	Vers la province	Vers Paris	Vers la province	Vers Paris	Vers la province
900	765	934	937	560	962
712	592	866	804	510	803
545	403	460	797	342	667
362	388	303	550	318	525
277	205	279	523	232	432
168	190	178	318	176	332
158	128	151	311	163	291
140	127	136	263	140	256

On s'aperçoit alors que la perte quotidienne ne se monte, au grand maximum, pour les jours de semaine

qu'à 46 FF pour le trafic vers Paris, 40 FF pour le trafic vers la province.

Pour toute l'année, la perte doit donc être voisine de  $90 \times 365 = 33\,000$  FF, à comparer à un coût de 45 000 FF par an. La perception de nuit est donc de toute manière une erreur économique avec les niveaux actuels du trafic de nuit.

Ceci est vrai des modes habituels de perception. Il en serait autrement si on créait pour la nuit un système de vignettes. Le contrôle se ferait par sondages avec un personnel réduit: un véhicule sur 10 par exemple<sup>(2)</sup>.

### 2.31.52 Système fermé

Hormis les gares d'extrémité de l'autoroute dont la conception est identique au système ouvert, les gares du système fermé sont placées à la sortie des échangeurs. Il est logique de dessiner ceux-ci de telle manière que la perception et la remise des cartes se fassent au franchissement d'une seule et même barrière. L'augmentation du coût de l'échangeur est de l'ordre de 50 % (2 à 3 millions de francs).

Le dimensionnement des gares est déterminé par les normes suivantes de capacité:

- débit pratique d'un poste à la sortie de l'autoroute: 250 véhicules/heure;
- débit pratique d'entrée par poste: 500 véhicules/heure;
- trafic de l'heure de pointe réparti à raison de deux tiers dans un sens, d'un tiers dans l'autre.

La gare minimum, qui comporte trois voies dont une banalisable (donc deux cabines), permet donc un trafic de pointe de 1 000 véhicules/heure.

Les données de base du coût de la perception sont les suivantes (en millions de FF):

- Gare à trois voies investissements nécessaires (bâtiments, îlots, cabines, éclairage, matériel) . . . . . 1,2

par voie supplémentaire . . . . . 0,15  
 exploitation (peu variable avec le nombre de  
 voies jusqu'à cinq) sans amortissement . . . 0,15 à  
 0,20  
 par an

<sup>(1)</sup> Lévy-Lambert, Hubert: Le péage sur les autoroutes et la théorie économique, *Transports* — n° 104 — Septembre-octobre 1965.

<sup>(2)</sup> Voir également la référence 2, page 32, au péage automatique en système ouvert.

dont frais de personnel . . . . .	0,13
éclairage . . . . .	0,03
effectif minimum (tenant compte des congés, des 3 × 8, des jours fériés) . . . . .	12 hommes
– Gare d'extrémité (douze voies) investissement . . . . .	3 à 3,5
exploitation . . . . .	0,45 à 0,50
effectif . . . . .	35 à 40 hommes

L'exploitation en système fermé nécessite une administration générale plus importante qu'en système ouvert. Il n'est pas possible d'isoler une gare de l'ensemble. Ainsi l'atelier mécanographique coûte-t-il à lui seul 0,25 à 0,30 million de FF.

Au total, en 1965, les dépenses de la Société de l'auto-route Estérel-Côte d'Azur, rapportées aux recettes des péages, auront été de 2,7% pour l'administration générale et de 9,5% pour l'exploitation, soit de 12,2% au total.

Avec l'augmentation très rapide du trafic (10% de 1965 à 1966) et la relative stabilité des dépenses, le cap des 10% de recettes affectées au coût de la perception devrait être prochainement atteint.

### 2.32 Méthodes directes

Il s'agit ici de méthodes originales<sup>(1)</sup> permettant de se libérer des sujétions qu'entraînent les systèmes traditionnels.

Elles ne peuvent d'ailleurs guère concerner que les zones urbaines, leur prix de revient en rase campagne serait prohibitif.

Deux modalités peuvent être envisagées :

- compteurs hors du véhicule;
- compteurs sur le véhicule.

#### a) compteurs hors du véhicule

Les véhicules entrant ou sortant de la zone soumise à tarification, ou simplement circulant en certains points équipés spécialement, sont identifiés par un appareil fixe; cette identification est transmise à un centre de calcul qui comptabilise périodiquement la somme dont le propriétaire est redevable, du fait du séjour dans la zone congestionnée.

Le coût très élevé de l'équipement fixe, selon les experts

(170 FF par véhicule susceptible d'être identifié), oblige à renoncer à une telle méthode.

#### b) compteurs sur le véhicule

Deux solutions sont possibles :

- Compteurs mis en route par le conducteur. Un voyant lumineux de couleur variable selon la zone ou un « drapeau » analogue à celui des taxis parisiens permet de vérifier de l'extérieur le fonctionnement correct du compteur.

Le paiement s'effectue soit périodiquement par lecture dans un centre spécial, soit mieux en achetant une « recharge » du compteur qui autorise une circulation pendant un temps déterminé dans les zones payantes (après épuisement de ce temps le voyant lumineux ne s'allume plus).

L'installation de tels équipements coûterait 120 à 140 FF par véhicule pour les dispositifs à horlogerie, et 20 à 30 FF pour les dispositifs « électrolytiques » à recharge.

- Compteurs automatiques. La mise en route des compteurs n'est plus laissée à la charge du conducteur, ce qui devrait éviter une importante source de fraude et de dépenses de contrôle.

Des dispositifs incorporés dans la chaussée se chargent de l'opération.

Il est possible de taxer le parking par le même système (seule la vitesse de rotation du compteur est modifiée). Le coût a été estimé à 50 FF par véhicule, plus 700 FF par point fixe équipé.

Dans un autre système, la rotation du compteur est remplacée par un enregistrement d'impulsions émises par l'équipement fixe à des fréquences variables (plus fortes en zones très congestionnées). Le paiement s'effectue, soit au nombre d'impulsions reçues pendant une période donnée, soit à l'achat d'un compteur permettant de recevoir un nombre déterminé d'impulsions (le contrôle s'effectue comme précédemment); l'équipement d'un véhicule coûterait aussi cher que dans le système précédent mais le prix de l'équipement fixe serait abaissé à 250 FF.

En définitive, les rédacteurs du rapport « Road Pricing » estiment qu'il serait possible, pour le prix maximum de 70 FF par véhicule (y compris l'équipement fixe éventuel), que les ingénieurs s'étaient fixé, de réaliser la perception de péages de congestion en zone urbaine sans arrêter les véhicules.

(1) Road Pricing: *The Economics . . .*, op. cit.

RECHERCHES RÉCENTES CONCERNANT LES PROBLÈMES ÉCONOMIQUES DE LA CIRCULATION

3.0 Résumé

Ce chapitre contient (annexe 3.3) une analyse du modèle du professeur Allais<sup>(1)</sup> dans lequel l'auteur étudie les liens entre la tarification et l'investissement en matière d'infrastructures routières. L'auteur adopte la notion de saturation économique telle qu'elle est définie dans le Rapport Allais; il s'agit donc d'un seuil de saturation brusque au-dessous duquel les péages appliqués sont nuls. Quand le seuil est atteint, les péages sont fixés par la loi de l'offre et de la demande. Ce modèle est opposé au modèle du «Road Pricing» (3.2) dont on a indiqué aux paragraphes 1.41 et 1.52 de l'introduction les principales caractéristiques et la manière dont il a influencé la rédaction de ce rapport.

Les études sur la valeur du temps (3.1) conditionnent à la fois l'application de la théorie du «Road Pricing» (3.2) et l'analyse de la demande de transport (3.52).

Les études sur l'imputation des coûts (3.4) poursuivies principalement aux États-Unis, avec de très grands moyens matériels, n'ont de signification économique qu'en ce qui concerne les péages de coût mais la somme des renseignements recueillis au cours de ces études en matière d'analyse des dépenses d'entretien et d'investissement conserve une très grande valeur documentaire.

L'analyse de la demande d'essence et de voitures (3.51) constitue la base des considérations qui nous permettront au chapitre 8 de conclure au maintien d'une taxe sur l'essence modérée et à la suppression des licences voitures.

Les lois de demande de transport (3.52) interviennent aussi bien dans la théorie du «Road Pricing» que dans celle de l'optimum économique sous contrainte d'équilibre budgétaire (traitée plus loin en 4.5). L'intérêt que portent les économistes des transports à ce problème de la demande est donc grand et explique les dépenses importantes qui sont engagées aussi bien en Europe qu'aux États-Unis pour l'élucider.

3.1 PRIX DU TEMPS

3.10 Résumé

Le chapitre 3.1 est consacré à la question du prix du temps qui est un élément fondamental dans la détermination des rentes, et dont il est aussi nécessaire de connaître la valeur pour appliquer les formules de la théorie de la congestion.

Il semble que la valeur moyenne d'une heure de temps de voiture est sensiblement proportionnelle au salaire

horaire mais inférieure à celui-ci, que la valeur du temps est variable suivant les heures de la journée et que les premières minutes d'un déplacement ont probablement une valeur nulle. L'écart-type de la valeur du temps a une valeur supérieure à sa moyenne. Il est parfois difficile de séparer la notion de valeur du temps de celle de bonus (le bonus est défini en 4.41). L'effort le plus notable pour y parvenir a été fait par les Américains et l'étude remarquable de P. J. Claffey<sup>(2)</sup> est analysée en 4.41.

Dans la suite de ce rapport, on admettra que la valeur marginale de l'heure-véhicule est de 8 FF (chiffre moyen).

Tout en accordant à la quantification de la valeur du temps une importance considérable pour l'explication du comportement des usagers<sup>(3)</sup>, nous proposons, dans l'attente d'études complémentaires, d'adopter une attitude d'extrême prudence lorsqu'il s'agira d'utiliser les données actuelles pour déterminer les taxes frappant les usagers.

3.11 Prix du temps

Il s'exprime en unités monétaires par unité de temps et par voiture de tourisme ou par véhicule commercial.

La plupart des études auxquelles nous nous référons adoptent une valeur moyenne pour le prix du temps alors que la variabilité de cette valeur a une importance essentielle.

- a) La variabilité du prix du temps conditionne pour la plus grande partie les lois de demande.
- b) Elle permet de lever certaines contradictions des théories simplifiées de la congestion.

La valeur moyenne admise par le «Red Book»<sup>(4)</sup> est de \$ 1,55. Mohring<sup>(5)</sup> adopte une valeur très supérieure de \$ 3. Il a essayé de déterminer la valeur du temps par une méthode indirecte en minimisant la somme de la

(2) Claffey, P. J.: *Characteristics of passenger car travel on toll roads and comparable free roads for highway user benefit studies. For presentation at the 40th Annual Meeting, Highway Research Board, National Research Council, January 1961.*

(3) C'est ainsi que l'augmentation de la valeur du temps avec le niveau de vie conduira à une exigence croissante des usagers concernant la qualité du service fourni par les infrastructures routières et les transports en commun et ceci se traduira dans l'avenir par une augmentation du volume des investissements à circulation égale.

(4) American Association of Highway Officials: *Road User Benefit Analysis for Highway Improvements (Red Book)* — 1964.

(5) Mohring, Herbert: «Relation between Optimum Congestion Tolls and Present Highway User Charges.» *Highway Research Record Nr. 47.* Highway Research Board, Washington D.C.

(1) Allais, Maurice: *Programme d'investissement* . . . , op. cit.

valeur du temps et du coût d'exploitation du véhicule (sur laquelle il y a lieu de faire, à notre avis, d'expresses réserves car elle néglige le fait que certains usagers attribuent un « bonus » à la vitesse qui s'ajoute à l'économie de temps qu'elle permet), mais n'ayant pas utilisé une expression réaliste du coût d'exploitation, il obtient des valeurs peu vraisemblables du prix du temps :

- \$ 0,02 à 20 miles/heure
- \$ 7,38 à 60 miles/heure
- \$ 67,82 à 70 miles/heure.

Haikalis, en opérant un lissage des valeurs des coûts d'exploitation, obtient des valeurs qui semblent plus réalistes :

- \$ 0,54 à 40 miles/heure
- \$ 2,57 à 60 miles/heure
- \$ 4,44 à 70 miles/heure.

Il trouve une valeur légèrement négative pour une vitesse de 20 miles/heure.

Le « Highway Cost Allocation Report » se réfère aux études approfondies faites par P. J. Claffey, « 40th Annual Meeting Highway Research Board » (voir 4.41).

Le prix du temps a été évalué en même temps que le prix du confort par le moyen de régressions multiples en comparant quatorze autoroutes avec les itinéraires concurrents.

Le prix auquel arrive Claffey est de \$ 1,40, soit un prix très voisin de celui de « Red Book » mais légèrement inférieur.

En Angleterre, les théoriciens du « Road Pricing » admettent 100 à 200 d/heure, soit 5,75 FF à 11,50 FF.

En France, les premières études rationnelles de détermination du prix du temps ont été faites par la SETEC à l'occasion de ses recherches pour le tunnel sous la Manche. Il a été déterminé par approximations successives en partant de graphiques d'allocation de trafic sur lesquels on a modifié la valeur du temps et le coût d'exploitation du kilomètre jusqu'à ce que les points du graphique se groupent sur une courbe en S.

La valeur obtenue (pour une occupation des véhicules particulièrement élevée: trois personnes par véhicule) était l'équivalent de 6 FF.

Actuellement, dans les études du ministère des travaux publics français, on admet une valeur du temps de 8 FF (ou \$ 1,60) par véhicule, soit 5,5 FF par personne.

Il existe une théorie suivant laquelle le prix de la première heure de loisir est égal au prix de la dernière heure de travail. Elle implique un certain nombre d'hypothèses pas très réalistes, comme celles que la durée du travail n'est pas fixée légalement, qu'il y a plein emploi, etc.

Les valeurs déterminées aux États-Unis aussi bien qu'en France donnent des valeurs du temps nettement inférieures à celles que donne cette théorie.

Il est assez remarquable que les valeurs admises officiellement aux États-Unis soient si peu différentes de

celles admises en Europe, alors que le niveau de vie est nettement plus élevé. Il est vrai que l'écart des niveaux de vie se réduit, si on ne considère que celui des possesseurs d'automobile dans les deux régions du monde.

Il n'en reste pas moins que, et c'est extrêmement net aux États-Unis, le prix du temps, surtout si on tient compte du fait que l'occupation moyenne des véhicules est supérieure à 1 (1,7 en moyenne), est inférieur au salaire moyen et plus encore au salaire moyen des possesseurs d'automobile.

Il existe une théorie admise dans certains pays (encore récemment en Suisse, croyons-nous) qu'il ne faut pas tenir compte dans les bilans économiques de la valeur du temps de loisir, du fait que cette valeur n'apparaît pas dans les comptes de la Nation.

Nous verrons en réalité que cette valeur du temps apparaît par « dualité » sous la forme de rentes foncières (annexe 4.32).

D'autre part, le comportement des automobilistes est incompréhensible si on n'admet pas que le temps a une valeur différente de zéro.

Il semble que les usagers attribuent une importance plus grande à la variance des temps de parcours et des attentes de toutes sortes qu'à leur valeur moyenne.

L'importance qu'on attribue à l'exactitude des trains en est un indice.

Le choix d'implantation d'un domicile, par exemple, est fait en fonction de la valeur moyenne des temps de déplacement; mais une trop grande variabilité des temps autour de cette valeur moyenne cause une grande gêne à l'utilisateur. Elle l'oblige à prendre des marges de sécurité importantes ou à avoir de temps en temps des retards coûteux.

L'introspection et certaines études (annexe 3.66) faites à Paris montrent que la variabilité des attentes aux arrêts d'autobus est un élément important dans la préférence donnée à d'autres moyens de transport.

Attribuer une valeur à la variance des temps de parcours ou se fixer une probabilité qu'un certain retard ne sera pas dépassé sont deux attitudes équivalentes.

Il est possible que la valeur du temps d'attente à un feu rouge ou à un passage à niveau soit supérieure à la valeur moyenne du temps.

Tout élément qui aide à transformer le temps de transport en temps de loisir revient à diminuer la valeur du temps perdu.

Les effets d'un tel processus peuvent être variés. Le phénomène est lié à la notion de bonus.

Pour l'automobiliste qui attache du plaisir à la conduite tout se passe comme si le temps avait une valeur plus faible. Cet automobiliste préférera un parcours automobile à un parcours plus rapide en métro ou en chemin de fer, ce qui pourrait conduire, pour rétablir l'équilibre, à appliquer une taxe de congestion plus élevée. Dans une grande ville, plus particulièrement si

elle est mal équipée en voies express, tout élément qui pourra favoriser les transports en commun devra être recherché. Il en sera ainsi, par exemple, de toute mesure améliorant le confort des usagers :

- augmentation du nombre des places assises<sup>(1)</sup>;
- installation d'escaliers roulants et de tapis roulants;
- augmentation de la fréquence et de la régularité.

Aux États-Unis, dans des trains de banlieue comportant des parcours assez longs, on offre des «Pullman» où le petit déjeuner est servi. Ceci a pour effet de réduire la valeur du temps correspondant à la durée du petit déjeuner.

D'une manière générale, ces diminutions de la valeur du temps ont un effet favorable sur les rentes foncières qui diminuent (à dimension égale d'une ville) lorsque la valeur du temps diminue. Toutes ces améliorations ont un effet identique à une augmentation de vitesse.

Nous avons déjà vu que le prix du temps varie avec les individus.

Il varie certainement avec les moments de la journée. Il varie avec l'importance des buts de voyage. Il varie aussi suivant la durée du temps consacrée au transport<sup>(2)</sup>; les premières minutes ne valent rien; les dernières minutes d'un trajet de deux ou trois heures par jour auraient une valeur voisine de celle d'une minute de travail car la durée des vrais loisirs est alors par trop réduite.

Dans la suite de cette étude nous admettons :

- que le temps (prix de l'heure-véhicule) a une valeur moyenne non nulle;
- que cette valeur est inférieure à celle résultant de la valeur du salaire moyen;
- que cette valeur dépend du niveau de vie et est proportionnelle en première approximation à un indice définissant ce niveau;
- que la valeur du temps varie avec les individus et est sensiblement proportionnelle à leur salaire;
- que la valeur du temps croît avec les délais de parcours;
- que la valeur à prendre en compte dans les essais de détermination rationnelle de la valeur du temps est la valeur marginale des dernières minutes de parcours.

Nous aurons présente à l'esprit la nécessité de tenir compte de la variabilité de la valeur du temps suivant les usagers, les heures de la journée — sans d'ailleurs, le plus souvent, disposer de valeurs numériques correspondantes.

A cet endroit de notre étude comme en beaucoup d'autres, on est obligé de constater que l'on ne dispose pas de données numériques permettant de rendre

(1) Pour les voyageurs qui aiment lire, la possession d'une place assise permettant une lecture confortable transforme le temps de transport en temps de loisir réduisant donc, si elle ne l'annule pas, la valeur monétaire de la perte de temps correspondante.

(2) Creighton and alii: «Optimum Investment in Two-Mode Transportation Systems.» *Highway Research Record* Nr. 47.

opérationnelles et incontestables les options auxquelles conduit la théorie économique.

Tout en accordant une très grande importance explicative à cette valeur du temps, l'incertitude des données et des évaluations et la difficulté d'interprétation du phénomène nous conduiront à une extrême prudence, lorsqu'il s'agira de les utiliser pour calculer des taxes frappant les usagers.

### 3.2 «ROAD PRICING» OU THÉORIE DE LA CONGESTION

Parallèlement aux études générales des économistes, dans le domaine de la théorie pure, un mouvement de recherche très vaste s'est institué depuis quelques années parmi les ingénieurs et les économistes spécialisés dans les questions routières. Un des aspects les plus importants de ce mouvement est la théorie de la tarification de la congestion ou «Road Pricing», qui a été développée à la suite de pionniers tels que Pigou en Angleterre, Beckmann aux États-Unis et François Beau en France.

Les indications que nous avons données à son sujet au paragraphe 1.41 de l'introduction sont développées aux annexes 3.21, 3.22 et 3.23.

Les ingénieurs et économistes du Road Research Laboratory (annexe 3.21) ont eu le mérite de calculer, non seulement les taxes de congestion optimums, mais aussi les pertes économiques qui sont provoquées lorsqu'on s'écarte de l'optimum. Avec les valeurs d'élasticité de demande qu'ils admettent, il résulte de leurs calculs que l'effet visible de la taxation, c'est-à-dire la réduction de la congestion, est relativement faible.

Les auteurs anglais ont montré également que la taxation actuelle (essence) est optimum pour un certain degré de congestion correspondant, d'après leurs calculs (où ils prennent en compte, outre la taxe sur les carburants, les droits d'«excise» dont ils évaluent l'ensemble à 7,3 centimes par kilomètre), à une vitesse de 30 kilomètres/heure en ville et de 42 kilomètres/heure à la campagne, et, résultat extrêmement important, ils montrent que la taxation actuelle, bien que non optimum, donne lieu à des pertes économiques modérées et nettement plus faibles que l'absence de taxation.

Un auteur américain Herbert Mohring explore, à la suite de Beckmann (annexe 3.22.1), le problème de la liaison entre la taxation de la congestion et le choix des investissements, problème qui avait été laissé de côté aussi bien par l'école anglaise que par l'école française, à l'exception de Maurice Allais, et que nous abordons nous-même à l'annexe 4.14.

Les critiques de la théorie de la congestion exprimées par des représentants de l'administration américaine sont analysées dans les annexes 3.22.3 et 3.22.4.

Nous ne suivons pas la position «anticongestionniste» de ces auteurs américains dans toutes ses conséquences; néanmoins nous estimons qu'un grand nombre de



critiques faites à une application non nuancée de la théorie de la congestion sont parfaitement valables.

Elles ont, en outre, l'intérêt de donner une idée de ce que seraient les réactions de l'opinion publique à propos d'une application de cette nature.

Se penchant principalement sur le problème des autoroutes, un ingénieur des mines français, Lévy-Lambert (annexe 3.23), a eu le mérite de calculer les pertes économiques entraînées par la perception de péages aux heures creuses, et d'étudier l'incidence d'un environnement économique imparfait sur les péages de congestion appliqués aux autoroutes, l'environnement imparfait résultant, d'une part, de l'existence d'une taxe sur les carburants, d'autre part, du fait que l'on ne perçoit pas de péages sur la route ordinaire concurrente de l'autoroute.

La prise en compte de la théorie de la congestion ou « Road Pricing » est un des éléments essentiels de ce rapport.

Cette théorie permet d'approfondir les notions de saturation économique, de qualité du service. Elle conduit à considérer des degrés de congestion variant d'une manière continue, conception plus riche que celle de la théorie classique de l'offre et de la demande exposée par le professeur Allais où l'on envisage un seuil brutal de saturation.

C'est ainsi que les théories exposées par le professeur Allais ne paraissent s'appliquer qu'à des voies très congestionnées et donc très éloignées de l'optimum.

Sous la forme simplifiée présentée dans les études citées dans ce chapitre, la théorie de la congestion conduit aux conclusions suivantes :

- 1° Une taxe sur l'essence modérée est justifiée économiquement et est préférable à l'absence de toute taxe.
- 2° On peut s'écarter considérablement du niveau optimum des taxes sans augmenter considérablement les pertes économiques.
- 3° Dans un environnement imparfait (taxe sur l'essence non nulle, routes concurrentes sans péages) les péages de congestion doivent être nuls aux heures creuses.

Cependant, la théorie telle qu'elle est présentée dans ce chapitre est incomplète, notamment parce qu'elle ne tient pas compte le plus souvent de l'existence d'itinéraires concurrents ni de la variabilité de la valeur du temps.

Elle conduit donc, dans certains cas, à des conclusions paradoxales qui seront levées au chapitre 4.1 de ce rapport, en utilisant une théorie plus complexe.

La conclusion principale de ces études sera que, dans le calcul de la taxe de congestion, il faut tenir compte de l'environnement et notamment des infrastructures et moyens de transport concurrents.

La théorie simplifiée de la congestion conduit également à des conclusions erronées quand on l'applique, notamment en ville, à des infrastructures non optimales.

### 3.3 MODÈLE DU PROFESSEUR ALLAIS

La théorie développée dans le Rapport Allais et reprise dans l'article du professeur Allais de la Revue de la Fédération internationale de l'automobile<sup>(1)</sup> (annexe 3.3) consiste à admettre l'existence d'un taux de saturation économique bien déterminé et, lorsque la demande est supérieure à ce volume de saturation, à la réduire en appliquant une taxe déterminée par la loi de l'offre et de la demande.

Nous verrons que ce modèle a en particulier l'inconvénient de ne pas permettre de tenir compte des degrés variables de la qualité du service, et nous lui préférons dans la suite de ce rapport le modèle du « Road Pricing » convenablement perfectionné (annexe 4.12).

### 3.4 IMPUTATION DES COÛTS

#### 3.40 Généralités

Une série d'études considérables d'un esprit tout différent ont été entreprises aux États-Unis et leur analyse fait l'objet du présent chapitre où est étudié également leur prolongement en Europe.

Les études faites aux États-Unis sont de deux ordres différents :

Les essais AASHO analysés dans 3.41 correspondent à une tentative de détermination des péages de coût par la méthode expérimentale et qui n'a eu d'équivalent nulle part.

Le point faible de ces essais est que les chaussées expérimentales étaient spécialement construites pour que leur détérioration soit observée rapidement et étaient donc d'une constitution plus légère que celle des chaussées courantes; d'autre part, le graphique semi-logarithmique qui traduit les essais fait l'objet d'une extrapolation pour la zone d'application à des épaisseurs de chaussées effectivement pratiquées.

C'est ce qui explique qu'en France, le laboratoire des ponts et chaussées et aux États-Unis les techniciens de l'« Asphalt Institute » ont donné d'autres interprétations des mêmes résultats et de nouveaux coefficients d'équivalence, qui sont reproduits dans 3.41.

L'application pratique des résultats de ces tests à notre problème est faite aux chapitres 8.2 et 8.3.

Une des conclusions les plus importantes que nous tirerons de cette étude est que les péages de coût des voitures sont négligeables sur toutes les chaussées existantes et que les péages de coût des véhicules utilitaires sont faibles sur les autoroutes.

L'étude « Highway Cost Allocation Study »<sup>(2)</sup> a été entreprise pour donner au Congrès des États-Unis les éléments d'une éventuelle modification de la taxation relative au programme routier fédéral; elle porte sur deux méthodes :

(1) Allais, Maurice: Programme d'investissement . . . , op. cit.  
(2) U.S. Department of Commerce: *Highway Cost Allocation. (Supplementary Report)* — U.S. Government Printing Office.

a) incremental cost (imputation par tranches successives);

b) méthode du bénéfice différentiel.

Ces deux méthodes, bien que conventionnelles <sup>(1)</sup> dès qu'on sort du domaine des péages de coût, donnent des indications précieuses sur les inégalités de la taxation actuelle.

Les experts européens ont commencé vers 1960 par préconiser des méthodes conventionnelles, comme celle des coûts économiques complets ou coûts totaux <sup>(2)</sup>, fondées d'ailleurs sur un ensemble de connaissances bien inférieures évidemment à celles qui servent de base aux études américaines.

Adoptant, faute de mieux, des méthodes conventionnelles n'ayant donc pas de justification économique, il était regrettable qu'on ne se soit pas appliqué à choisir les plus simples.

Mais plus récemment, notamment sous l'influence du Rapport Allais, on s'oriente vers des solutions tenant compte des principes de la théorie économique. C'est dans cette catégorie qu'il faut ranger l'étude <sup>(3)</sup> entreprise par la Commission des Communautés européennes avec le concours du Service des affaires économiques et internationales du ministère de l'équipement français, étude dont nous faisons mention dans l'annexe 3.52.1.

### 3.41 Les essais AASHO <sup>(4)</sup>

Les ingénieurs routiers ont toujours considéré que la circulation lourde a une responsabilité plus grande dans la destruction des chaussées et conditionne leur structure à la construction. Jusqu'aux essais AASHO on a cependant pensé que ce phénomène n'était pas quantifiable. En fait, les préoccupations techniques et économiques concernant la tarification de l'usage des infrastructures ont poussé les ingénieurs de l'AASHO à entreprendre des expérimentations en vraie grandeur pour étudier la dégradation des chaussées sous l'influence d'applications répétées de charges lourdes.

Le principe directeur des essais était de faire rouler sans arrêt, à intervalles réguliers et vitesse constante (55 km/h), des camions de caractéristiques données (dix types différents) sur des chaussées d'épaisseur variable et de noter la dégradation de ces chaussées sous l'effet de ce trafic.

Six anneaux d'essais furent construits, cinq étant livrés au trafic.

<sup>(1)</sup> Nous sommes amenés à réviser cette appréciation, qui nous paraît aujourd'hui (1969) injuste. Si en effet ces méthodes peuvent être considérées comme conventionnelles dans le cadre de la théorie des péages économiques, elles ne le sont pas dans le cadre d'une théorie consistant à imputer aux usagers des contributions tenant compte de l'utilité que représentent pour eux les infrastructures considérées.

<sup>(2)</sup> Décision du Conseil de ministres de la CEE du 13 mai 1965 — *Journal officiel des Communautés européennes* n° 88 du 24 mai 1965, p. 1473/65.

<sup>(3)</sup> Etude dite pilote sur l'axe Paris — Le Havre.

<sup>(4)</sup> Highway Research Board: Special Report 61.E: «The AASHO Road Test-Report 5» — *Pavement Research*.

On définit une grandeur dont la valeur caractérisait, du point de vue de l'usager, la qualité de la chaussée. Pour les chaussées souples cet «indice de service» varie de 4,2 au moment de la construction à 1,5 au moment où la réfection devient indispensable.

Il est utile de rappeler les formules déduites <sup>(5)</sup> des essais sur chaussées rigides soumises à des essieux simples:

$$n = 10,5,85 \frac{(e+1)^{7,35}}{(P+1)^{4,62}}$$

où  $n$  = nombre de passages d'essieux pour obtenir un indice de service de 1,5;

$e$  = épaisseur de la chaussée en pouces;

$P$  = poids de l'essieu (1000 livres).

On en tire la loi du dimensionnement:

$$e+1 = \frac{(P+1)^{0,629}}{10^{0,769}} \times n^{0,136}$$

où le poids  $P$  intervient approximativement avec une puissance 2/3 (0,629).

Pour une épaisseur donnée, le coefficient d'équivalence entre essieux pour l'usure de la chaussée est ainsi proportionnel à une puissance voisine de 4 du poids de l'essieu; en effet:

$$\frac{(P_1+1)^{0,629}}{10^{0,796}} n_1^{0,136} = \frac{(P_2+1)^{0,629}}{10^{0,796}} n_2^{0,136}$$

Donc:

$$R = \frac{n_1}{n_2} = \left( \frac{P_2+1}{P_1+1} \right)^{0,136} = \left( \frac{P_2+1}{P_1+1} \right)^{4,62}$$

Les courbes ci-après <sup>(6)</sup> montrent l'allure du phénomène.

Il faut remarquer qu'une large part du graphique semi-logarithmique correspond à une extrapolation (au-dessus d'un million de passages) sur laquelle on doit émettre les plus grandes réserves: c'est en effet dans cette partie que la pente est la plus forte et qu'ainsi les épaisseurs de chaussées croissent le plus fortement.

Les techniciens de l'«Asphalt Institute» ayant constaté des divergences notables entre les résultats de l'AASHO dans cette partie extrapolée et leurs connaissances empiriques, ont cherché de nouvelles interprétations des mêmes expériences.

Les nouveaux coefficients d'équivalence s'écartent notablement des coefficients AASHO (ainsi un essieu de 13 t est équivalent à six essieux de 10 t et non plus trois).

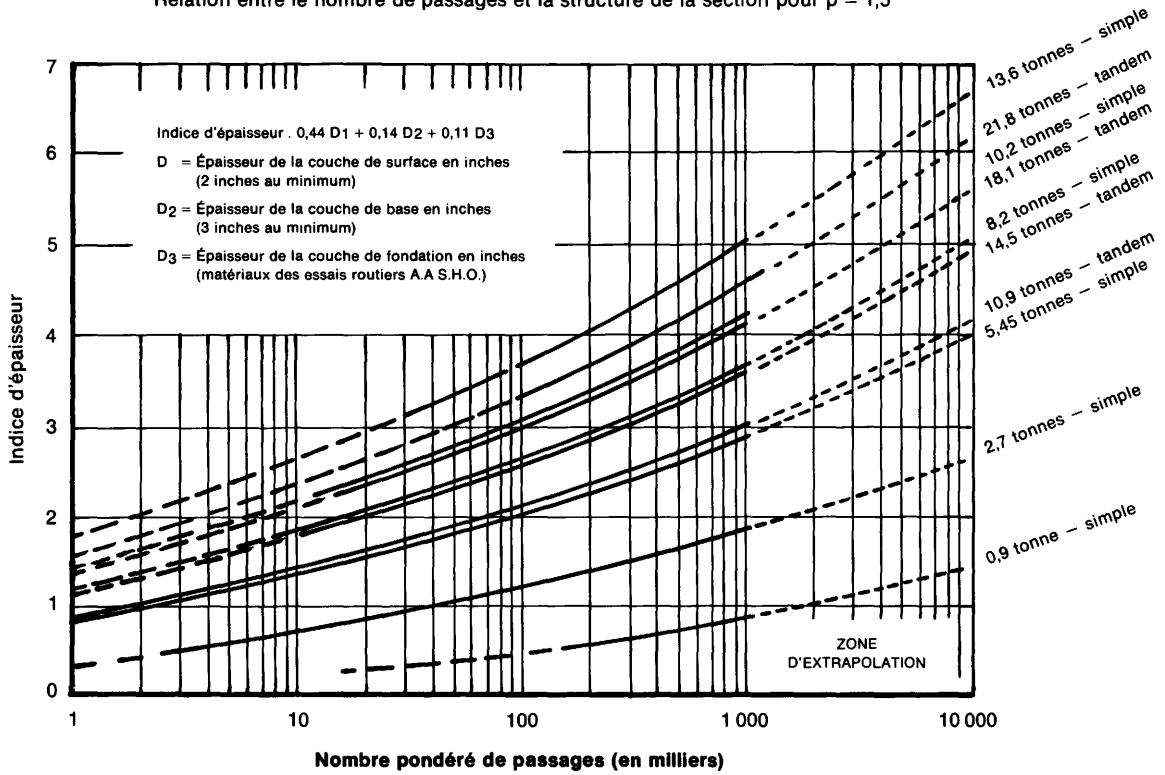
Il faut bien voir que ces facteurs d'équivalence sont utiles pour tenir compte de l'effet du trafic sur le

<sup>(5)</sup> Hondermarq: «Note annexée au rapport sur le coût des infrastructures routières de la Commission économique pour l'Europe» (ONU — Genève).

<sup>(6)</sup> Fig. 3.41a et 3.41b.

### CHAUSSÉES SOUPLES

Relation entre le nombre de passages et la structure de la section pour  $p = 1,5$



Relation entre le nombre de passages et la structure de la section pour  $p = 2,5$

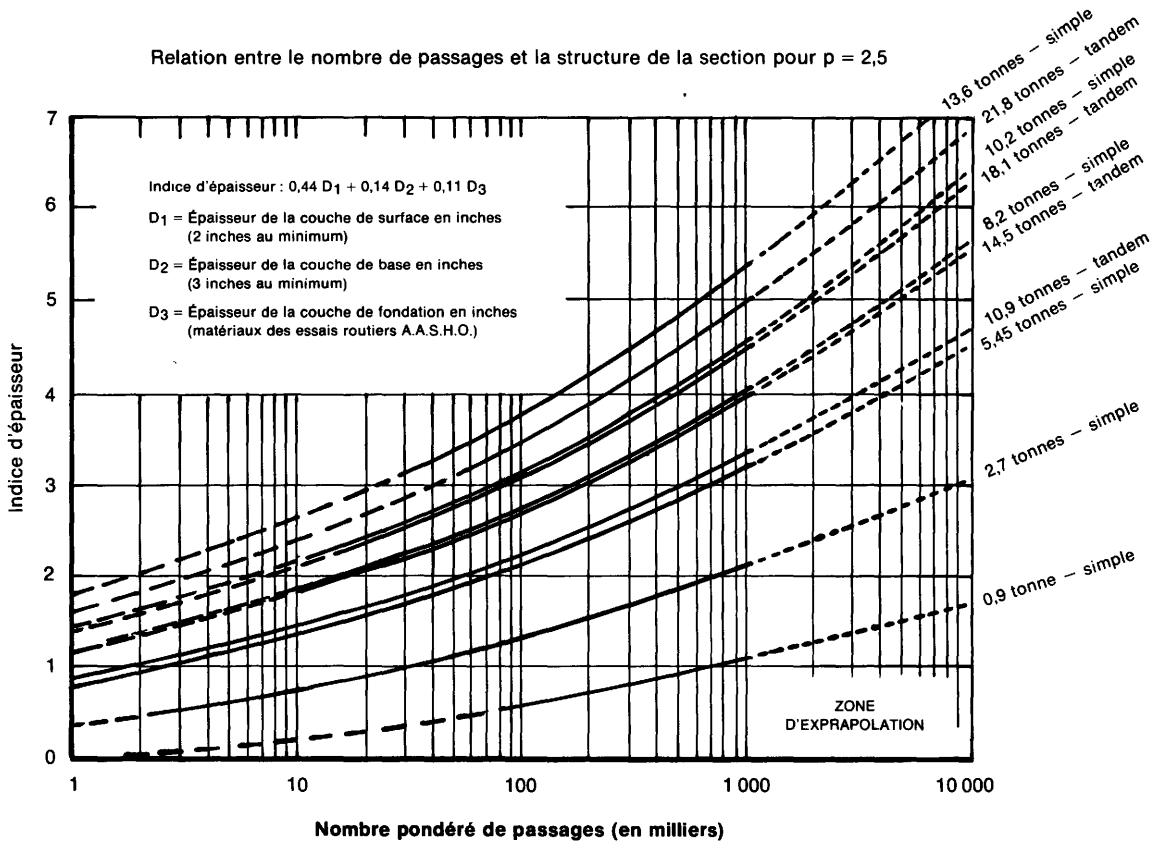
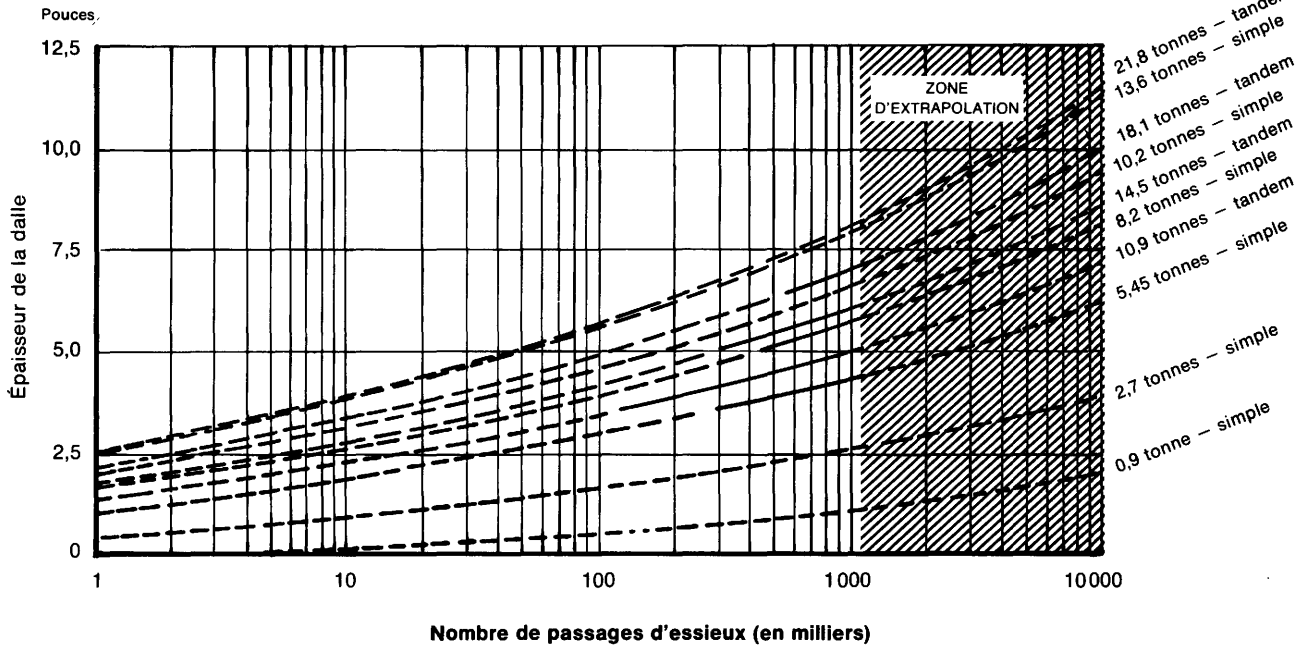


Figure 3 41a

### CHAUSSÉES RIGIDES

Courbes de comportement des chaussées rigides déduites des équations des essais pour  $p = 1,5$



Courbes de comportement des chaussées rigides déduites des équations des essais pour  $p = 2,5$

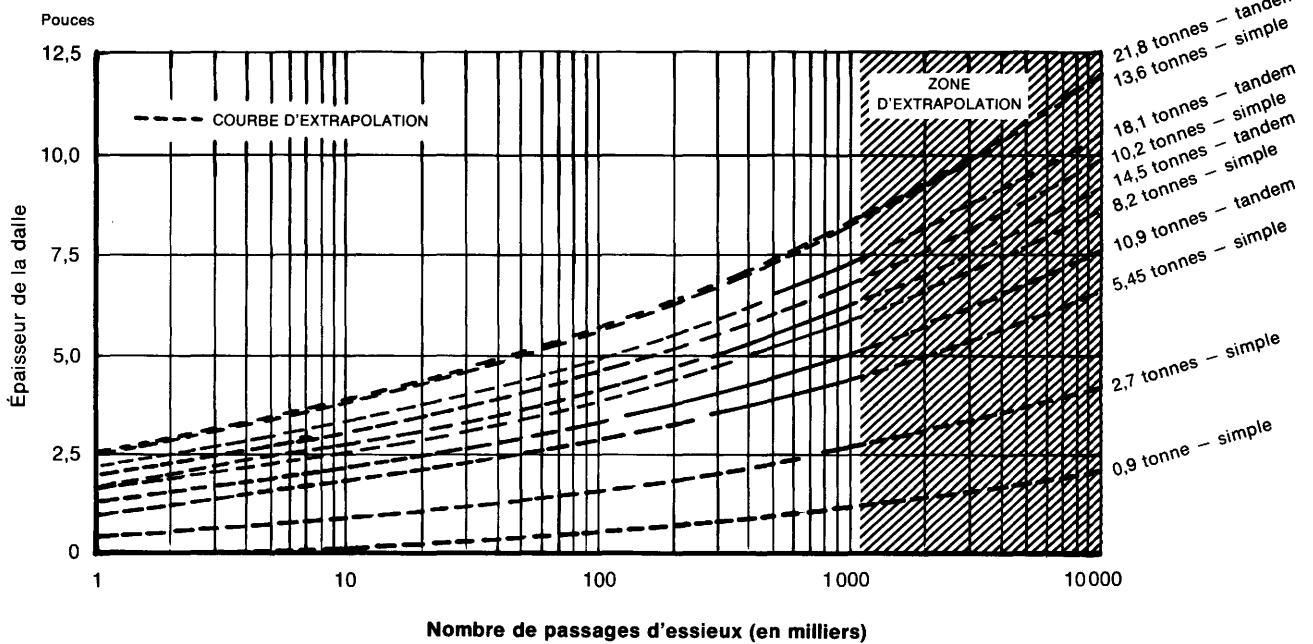


Figure 3 41b

dimensionnement des chaussées, mais qu'ils constituent une simplification de la réalité en ce sens qu'ils ramènent cet effet à un seul paramètre.

De plus, les essais AASHO se rapportent à des chaussées spécialement construites pour que leur détérioration soit observée assez rapidement et de constitution différente des chaussées courantes.

Tout en restant une excellente base de comparaison des différents types d'essieux et pouvant servir à la détermination des responsabilités en ce qui concerne les dépenses d'entretien des chaussées, les essais AASHO sont dans la plupart des pays remplacés, en ce qui concerne les normes de dimensionnement, par des études plus adaptées aux conditions locales. Ainsi le Laboratoire central des ponts et chaussées français recommande-t-il l'utilisation des valeurs suivantes (chaussées souples soumises à un trafic lourd):

Charge par essieu	Facteur d'équivalence pour des essieux simples	Facteur d'équivalence pour des essieux tandems
1	0,0007	0,0007
4	0,0045	0,0022
8	0,050	0,0085
10	0,160	0,017
13	1	0,047
15	3,3	0,092
16	6,5	0,13
19	-	0,36

### 3.42 «Highway cost allocation study»<sup>(1)</sup>

La loi de finances américaine de 1956 prévoyait que pour donner des éléments d'appréciation au Congrès pour une éventuelle modification de la taxation relative au programme routier fédéral, une étude devait être entreprise sur la répartition du coût des infrastructures routières.

Les données nécessaires furent réunies en trois ans (1957 à 1959); le rapport final n'a paru qu'en mars 1965 par suite d'un délai important de mise au point des méthodes. Dans l'esprit des responsables, une telle

étude devrait être actualisée tous les cinq à sept ans du fait des variations survenues dans les dépenses routières aussi bien que dans la composition et le volume du trafic.

Deux méthodes furent finalement sélectionnées et appliquées concurremment. La comparaison des charges d'infrastructure imputables à chaque catégorie de véhicules, obtenues par les deux méthodes, aux taxes payées par ces véhicules donne des indications précieuses bien que conventionnelles<sup>(2)</sup> sur les inégalités à réduire par une réforme de la taxation.

Il faut remarquer qu'une telle étude se base sur des connaissances pour la plupart inexistantes en Europe, en particulier:

- décomposition des dépenses routières en charges par nature (340 groupes de dépenses) selon la catégorie de voie et la zone (urbaine ou rurale);
- statistiques de circulation sur huit catégories de routes distinguées selon le tonnage, la silhouette, la motivation (transports publics et privés) et le carburant;
- courbes de consommation de carburant selon le tonnage et le type du véhicule, la pente et diverses caractéristiques de l'infrastructure;
- variation du coût des ouvrages d'art selon la charge maximum admissible;
- coût moyen du temps, des accidents et de l'inconfort (mesuré en cumulant les variations de la vitesse) en valeur absolue pour quinze catégories de véhicules.

La première méthode utilisée consiste à imputer chaque catégorie de dépenses par tranches successives. La tranche extrême, dont la responsabilité est entièrement portée par les véhicules les plus lourds, leur est imputée intégralement. La tranche minimum est répartie entre toutes les catégories.

Pour les dépenses de chaussées et d'ouvrages d'art, les essais AASHO sous leur forme définitive ont servi de base aux calculs. Pour de nombreuses autres catégories de dépenses, faute d'information scientifique disponible ou même possible, la répartition a été effectuée au prorata des véhicules-km parcourus (sans pondération par coefficients d'équivalence pour la capacité).

Le tableau ci-dessous indique les pourcentages de

<sup>(1)</sup> U.S. Department of Commerce: *Highway Cost* ... op. cit.

<sup>(2)</sup> Voir note 1, page 40.

Charges par essieu (en équivalent pour les essieux tandems-milliers de livres)	Expropriations	Terrassements et drainage	Ouvrages d'art	Chaussées
Moins de 3	100	91,5	74,6	78,5
3 à 7		8,5	8,9	4,0
7 à 10	0			
10 à 12		0	5,5	5,5
12 à 16	0			
16 à 20		0	5,5	5,5
20 à 30	0			
30 à 40		0	5,5	5,5
Plus de 40	0			

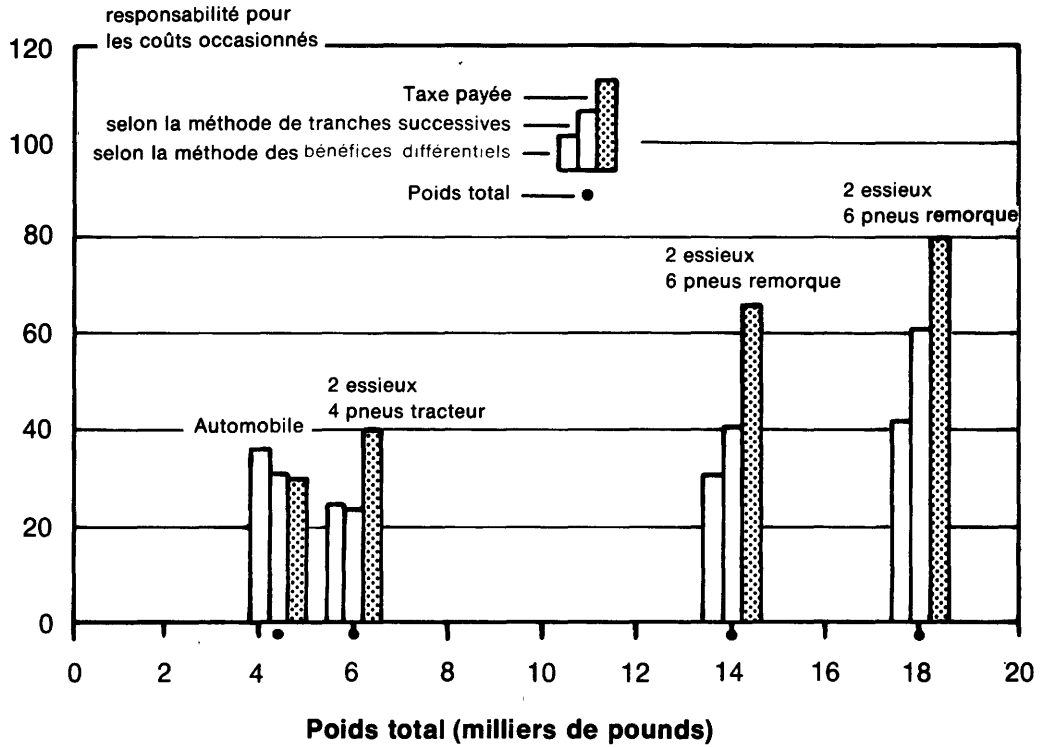


Figure 1. Responsabilité pour les coûts occasionnés par an par véhicule à moteur isolé sélectionné et comparaison entre ces coûts et le montant évalué des taxes payées au Highway Trust Fund.

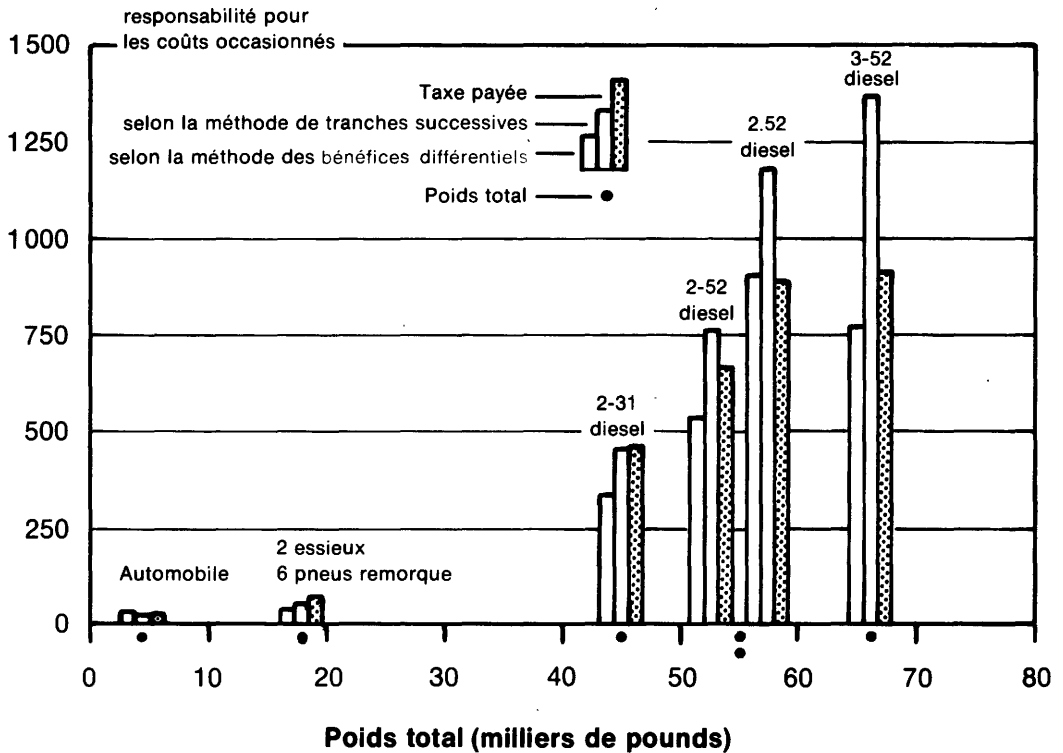


Figure 2. Responsabilité pour les coûts occasionnés par an par les véhicules isolés et les ensembles routiers, et comparaison entre ces coûts et le montant évalué des taxes payées au Highway Trust Fund.

Figure 3.42

catégories agrégées de dépenses imputées aux divers véhicules.

L'imputation des dépenses de fonctionnement et d'entretien de l'infrastructure a été faite séparément selon d'autres clés de répartition.

Une seconde méthode a été appliquée pour la première fois dans le rapport complémentaire de mars 1965. Elle s'attache à répartir les dépenses annuelles de construction et d'entretien de l'infrastructure routière au prorata des bénéfices que chaque catégorie de véhicules en retire.

- la suppression d'un croisement avec signal STOP:  
14,5 centimes en zone urbaine – 21,5 centimes en rase campagne;
- la suppression d'un virage dangereux: 3,5 centimes;
- la suppression d'un accès direct: 4,8 centimes;
- l'élargissement de deux à quatre voies: 1,5 centimes par véhicule-km.

Les résultats des deux études apparaissent clairement sur le graphique 3.42 et sur le tableau suivant:

Type de véhicule	Poids total (livres)	Carburant	Parcours moyen annuel (km)	Coûts imputables 1 <sup>re</sup> méthode par km	Coûts imputables 2 <sup>e</sup> méthode par km	Taxation actuelle centimes/km
Automobile moyenne	4 413	essence	15 600	1,00	1,16	0,955
Camion 2 essieux	6 000	essence	14 000	0,87	0,90	1,45
Tracteur et semi-remorque 4 essieux	55 000	essence diesel	69 500 100 000	5,55 5,70	3,90 4,40	4,90 4,30

Un recensement des améliorations du réseau effectuées pendant une année dans chaque État fut entrepris en distinguant les sept classes suivantes:

- resurfaçage;
- élargissement de voies;
- augmentation du nombre de voies;
- redressement de tracé en plan et profil en long;
- suppression de carrefours;
- réduction du nombre d'accès;
- suppression de virages dangereux.

Pour chaque catégorie d'améliorations, on a calculé les bénéfices à en attendre provenant de diminutions:

- des coûts d'exploitation des véhicules;
- des temps de parcours;
- des coûts d'accident;
- des difficultés de parcours.

Pour cela furent calculées des valeurs monétaires unitaires de ces bénéfices dont les plus intéressantes sont:

- valeur du temps: 7 FF/heure pour une automobile;  
21 FF/heure pour une semi-remorque de 30 t;

dépenses de carburant (taxes incluses), la consommation de carburant étant donnée par les formules suivantes:

$$C = 0,00110910 p^{0,52476} \text{ pour l'essence}$$

$$C = 0,0043929 p^{0,351132} \text{ pour le gas-oil}$$

où  $C$  = consommation unitaire (gallon/mile);

$$p = \text{poids total en charge (livres);}$$

- valeur monétaire de l'inconfort dû à une variation de vitesse de 1 mile/heure: 22 centimes (pour voiture particulière seulement);
- bénéfice tiré par un utilisateur de véhicule de:

Les deux méthodes conduisent à la conclusion que les automobiles et les véhicules les plus lourds (surtout diesel) sont sous-taxés et que, par contre, les camions moyens (jusqu'à 20 tonnes) sont surtaxés.

Il faut remarquer que la fiscalité spécifique américaine est très peu progressive puisqu'elle comprend la taxe sur les carburants, une taxe indirecte de 10% sur le prix d'achat du véhicule (qui croît moins vite que le tonnage) et, depuis peu, une surtaxe de 3 dollars par 500 kg pour les unités de plus de 13 tonnes.

On notera que les conditions dans les pays européens sont très différentes en particulier du fait que les niveaux des taxes ramenées au véhicule-km sont extraordinairement bas aux États-Unis.

### 3.5 ÉTUDES SUR LA DEMANDE

#### 3.50 Généralités

Il y a lieu de distinguer, d'une part, la demande d'essence et de voitures (3.51) et, d'autre part, la demande de transport (3.52). L'analyse de la demande d'essence et de voitures (3.51) constitue la base des considérations qui nous permettront au chapitre 8 de conclure au maintien d'une taxe sur l'essence modérée et à la suppression des licences voitures. Les lois de demande de transport ont des caractères très différents suivant qu'il s'agit de détournement ou de stimulation de trafic. Le détournement est un phénomène de concurrence directe et l'élasticité de la demande est notable. Dans les trois autres cas, l'élasticité est faible et il n'y a pas de concurrent direct.

Les lois de demande de transport (3.52) interviennent aussi bien dans la théorie du «Road Pricing» que dans celle de l'optimum économique sous contrainte d'équilibre budgétaire (traitée plus loin en 4.5) et cela explique

l'intérêt que portent les économistes des transports à ce problème de la demande et le mouvement important de recherches qui est engagé aussi bien en Europe qu'aux États-Unis pour l'élucider (annexes 3.52.1 et 3.52.2).

### 3.51 Lois de la demande — essence et voitures

#### 3.51.0 RÉSUMÉ

Les taxes sur l'essence et sur les voitures ne sont pas neutres, on le sait. On cherche à évaluer l'importance des pertes économiques entraînées par ces taxes à leur niveau actuel et à des niveaux différents.

Le niveau américain de la taxe sur l'essence correspond à une élasticité presque nulle. Le niveau français conduit à des pertes économiques sensibles. Un niveau analogue à celui qui est pratiqué aux Pays-Bas entraîne des pertes économiques faibles; on propose dans la suite de ce rapport d'harmoniser les taux de la taxe sur l'essence dans les pays de la Communauté en s'alignant sur un taux de cet ordre, soit 35 centimes par litre.

L'élasticité de la demande de voitures par rapport au prix est plus élevée, de l'ordre de 1; elle est évidemment plus faible quand elle est calculée par rapport à la taxe, mais probablement supérieure à l'élasticité de la demande d'essence au taux de la taxe que nous proposons sur celle-ci. C'est une des raisons pour lesquelles nous proposons la suppression de la taxe à l'achat et des licences pour les voitures. D'autres raisons plus importantes sont indiquées en 8.3. Par contre, pour pallier certaines distorsions, le maintien de licences sur les poids lourds est nécessaire (8.2).

#### 3.51.1 RECHERCHES SUR LA DEMANDE D'ESSENCE

Il est important de connaître l'influence du prix sur la consommation d'essence, c'est-à-dire d'analyser la demande d'essence.

Une telle analyse permet notamment d'évaluer comment l'utilisation des voitures est influencée par la taxation et quelle est l'importance des pertes économiques entraînées par cette taxation qui s'écarte, on le sait, de l'optimum économique<sup>(1)</sup>.

L'intérêt de cette étude n'est pas limité à la critique de la situation présente.

Personne ne soutient sérieusement que le système actuel de taxation doit disparaître complètement. Il est donc important de déterminer à quel niveau la taxe spécifique sur l'essence devrait être amenée pour que les pertes économiques qu'elle entraîne soient aussi réduites que possible.

Malgré l'importance de cette question, on est obligé de constater que le sujet n'a pas reçu l'attention qu'il mérite.

Sur le plan européen, nous ne connaissons à ce sujet

<sup>(1)</sup> Rappelons cependant que les théoriciens anglais du « Road Pricing » ont démontré qu'une taxation modérée de l'essence était moins éloignée de l'optimum que l'absence de taxation.

qu'une étude non publiée, faite en 1960, et portant sur les phénomènes à court terme.

On a cherché à dégager une corrélation de la forme

$$\frac{C}{N} = K \left( \frac{R}{N} \right)^e p^{-e'}$$

où  $C$  = consommation d'essence;  
 $R$  = consommation des ménages;  
 $N$  = population;  
 $p$  = prix de l'essence.

On a utilisé, pour rendre comparables les revenus et prix des différents pays, la méthode utilisée par la CECA<sup>(2)</sup>.

On a trouvé:

$e = 1,3 - 1,4$   
 $e' = 0,5$  pour les six pays et le Royaume-Uni  
 $e' = 0,3$  pour les mêmes pays sans l'Italie.

On a d'autre part trouvé pour:

la France seule	$e' = 0,7$
l'Italie seule	$e' = 0,4$
pour la variation de prix 1959	127,8 livres
1960	108,4 livres.

Il semble donc que le modèle à élasticité constante utilisé ne corresponde pas aux faits. Nous reviendrons là-dessus plus loin.

Cette étude ne tient pas compte de l'augmentation de la cylindrée moyenne dans le cas d'une baisse permanente du prix de l'essence; l'exemple américain montre que ce phénomène est loin d'être négligeable.

Dans ce domaine, le terrain est absolument vierge. Il est certain que l'élasticité à long terme tenant compte de cet effet ne peut être que plus forte que celle indiquée ci-dessus.

Dans l'étude qui précède, le fait que le revenu suffit à expliquer à lui seul en grande partie le développement de la consommation est un élément défavorable.

D'autre part, nous verrons qu'il faut tenir compte des structures de population et des structures urbanistiques des différents pays.

Nous estimons que ces études devraient être reprises sur les bases suivantes:

Au lieu de considérer la consommation d'essence par habitant, on devrait considérer la consommation d'essence par automobile:

$$\frac{C}{A} = K \times C_k$$

où  $A$  = nombre d'automobiles;  
 $K$  = kilométrage annuel par véhicule;  
 $C_k$  = consommation moyenne au kilomètre.

On étudiera les corrélations de  $C_k$ ,  $K$ ,  $\frac{C}{A}$  avec les prix

<sup>(2)</sup> On a appliqué aussi la méthode de Gilbert et on a trouvé alors  $e' = 0,8$  au lieu de 0,5; l'instabilité de l'élasticité par rapport à la technique de comparaison est assez inquiétante.



### COURBES DE DEMANDE HYPOTHÉTIQUES

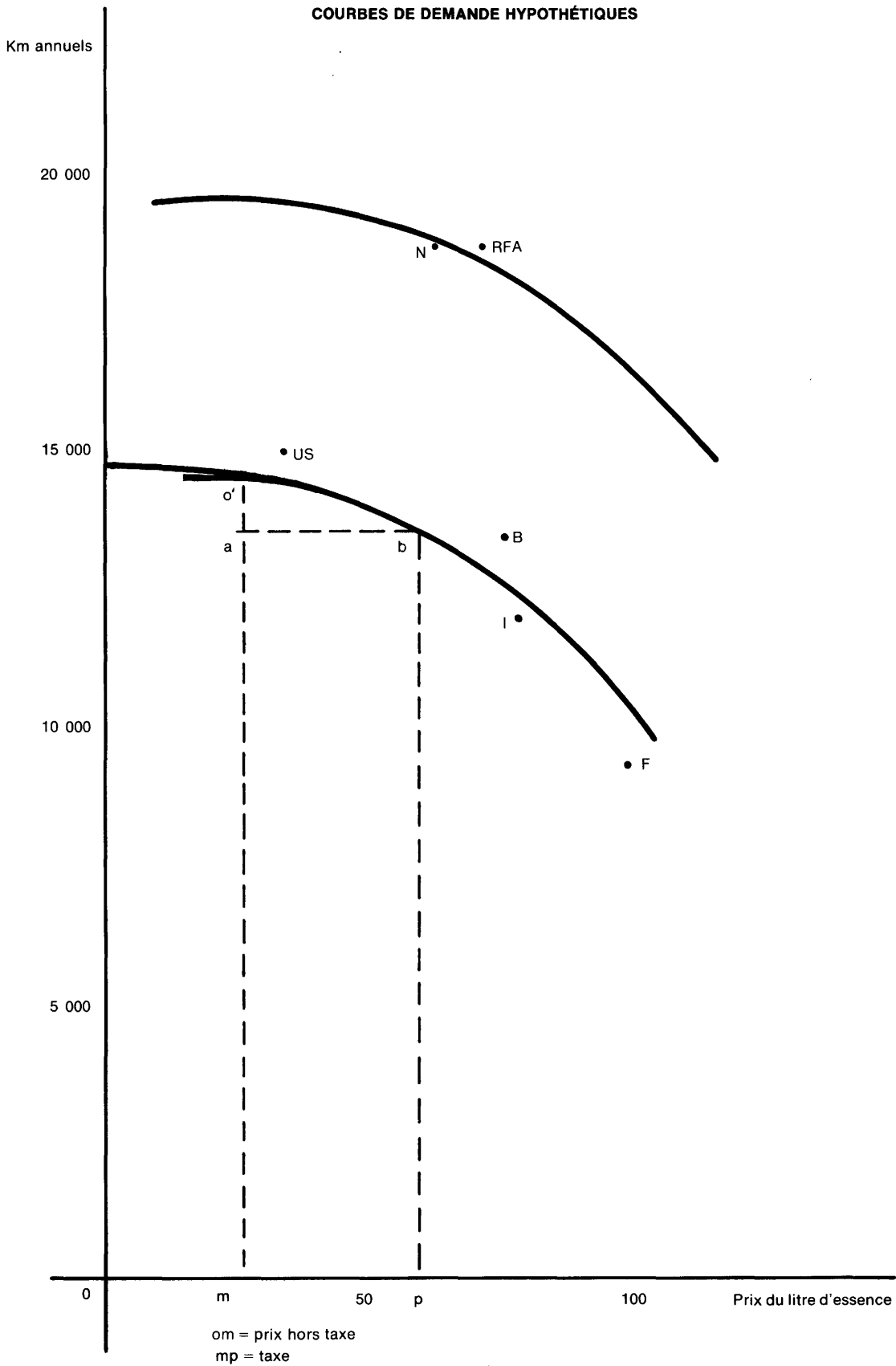


Figure 3.51 1a

Prix essence  
en \$ constants

1957-1959

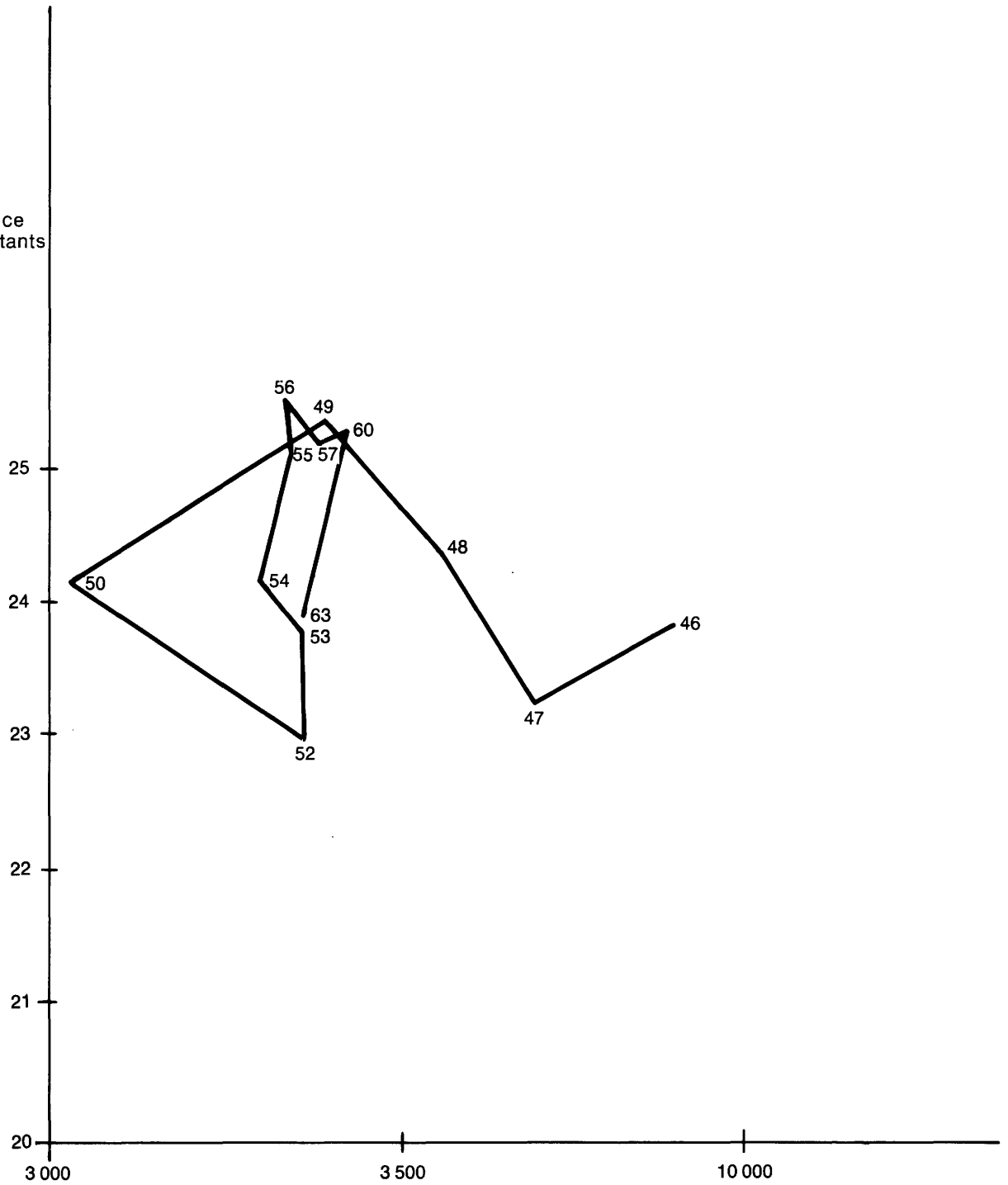


Fig. 3.51.1b

et les revenus et la répartition de la population en ne s'imposant pas un modèle à élasticité constante.

L'influence du revenu sera atténuée par le choix de la variable  $\frac{C}{A}$ .

L'influence de la répartition de la population est visible sur le graphique 3.51.1a (et le tableau suivant) où nous avons porté en abscisse le prix de l'essence et en ordonnée le kilométrage annuel par véhicule.

Source CEE 1963

France	Italie	Belgique	Allemagne	Pays-Bas	États-Unis
97 9 300	77 12 000	75,1 13 531	70 18 600	62 18 700	33 <sup>(1)</sup> 15 000

Aucune correction n'a été faite pour rendre comparables les prix des différents pays, ce qui introduit une distorsion pour les États-Unis.

Sous ces réserves, on constate que les points représentatifs des différents pays se groupent suivant deux lignes, l'une correspondant aux pays à faible densité, l'autre aux pays à forte densité, la Belgique ayant une position intermédiaire.

La position des États-Unis semble indiquer un phénomène de saturation, qui serait même plus frappant si on faisait la correction nécessaire pour tenir compte des hauts niveaux des salaires.

Il est intuitif que le kilométrage effectué chaque année doit plafonner à partir d'une certaine réduction du prix de l'essence.

Des pays comme l'Allemagne et les Pays-Bas se caractérisent par une densité élevée, mais plus encore par l'existence d'un grand nombre de villes d'importance moyenne: 1 à 700 000 habitants à des distances de l'ordre de 30 à 60 kilomètres (Ruhr, Mayence, Wiesbaden, Francfort, Darmstadt—Amsterdam, Rotterdam, La Haye, Utrecht). Cette circonstance est favorable à un kilométrage élevé plus, par exemple, que l'existence de couples relativement éloignés tels que Lyon—Paris pour lesquels le chemin de fer paraît plus attractif et les échanges routiers beaucoup moins importants.

D'après l'enquête analysée plus haut, l'élasticité à court terme (période 1952—1959) a les valeurs reproduites ci-dessous (d'après nos études résumées à la fin de ce paragraphe, l'élasticité américaine est pratiquement nulle):

États-Unis	0
7 pays sauf France et Italie	0,2
7 pays sauf Italie	0,3
Italie	0,4
France	0,8

Les élasticités à long terme sont plus élevées. Sur la figure 3.51.1a, nous avons tracé deux courbes hypothétiques de demande. Les pertes sèches ont pour valeur la surface des triangles tels que  $o'ab$ , les recettes fiscales correspondantes étant  $abmp$ . On voit que les pertes sèches dans les pays comme les États-Unis et les Pays-

<sup>(1)</sup> 25,44 c/gallon; 1 gallon = 3,8 litres.

Bas sont très faibles; elles sont beaucoup plus fortes en France.

Les pertes économiques entraînées par la fiscalité de l'essence à un niveau comparable à celui qui existe aux États-Unis sont extrêmement faibles en raison de l'aplatissement des courbes de demande. Elles sont importantes en France.

Corrélativement, les premiers centimes de réduction en France n'entraîneraient pas de pertes de recettes trop importantes.

Les rentes des usagers correspondent à la surface limitée par la courbe et située à droite de  $pb$ . Elles sont considérables et atteignent plusieurs fois la valeur des recettes fiscales, elles-mêmes largement supérieures aux pertes sèches.

Depuis la rédaction de ce chapitre, nous avons eu connaissance de l'étude de Vangrevelinghe sur la «Projection de la consommation des ménages en 1970»<sup>(2)</sup>.

Il y est fait état d'autres recherches mettant en jeu la consommation par véhicule qui donnent des estimations de l'élasticité variant de 0,2 à 1. L'auteur estime raisonnable de retenir l'hypothèse d'une élasticité moyenne à court terme de 0,4 pour la France.

D'après ce rapport, la puissance fiscale moyenne des voitures françaises est restée égale à 6 CV de 1954 à 1964, chiffre très faible et que nous considérons comme susceptible d'augmentation, si le prix de l'essence venait à baisser.

L'exemple des États-Unis montre l'influence à long terme du prix de l'essence sur la cylindrée et donc sur la consommation d'essence qui est loin d'être négligeable. Alors que, nous l'avons vu, la puissance moyenne des voitures en France est seulement de 6 chevaux fiscaux, non seulement la puissance moyenne des voitures américaines est très supérieure mais cette puissance est quasi uniforme. Il résulte de cette uniformité des conséquences bénéfiques en ce qui concerne la fluidité de la circulation et même la capacité des voies.

En dehors donc des arguments qui ont déjà été donnés en faveur de la réduction de la taxe sur l'essence, il faut également tenir compte de l'influence qu'elle aurait sur l'uniformisation des types de voiture, qui entraînerait les effets bénéfiques indiqués ci-dessus.

Le tableau n° 3 contient divers renseignements statistiques concernant la consommation d'essence, le prix de l'essence, taxe comprise et hors taxe<sup>(3)</sup>, et le kilométrage

<sup>(2)</sup> Vangrevelinghe: «Projection de la consommation des ménages en 1970.» *Études et conjonctures* n° 6, juin 1965.

<sup>(3)</sup> Les prix, taxe comprise en dollars constants 1957-1959, sont calculés en utilisant une évaluation du pouvoir d'achat déduite de l'indice des prix à la consommation.

moyen effectué par les voitures de tourisme pour un certain nombre d'années aux États-Unis.

Le croquis 3.51.1b, comme l'examen du tableau, montre que l'on ne peut pas établir de corrélation entre le prix de l'essence et le kilométrage effectué.

Malgré des variations importantes du prix de l'essence, le kilométrage n'a pas varié de manière significative depuis 1950; on peut en conclure que le kilométrage effectué a une élasticité quasi nulle par rapport au prix de l'essence, le kilométrage étant lié à d'autres variables, telles que les structures urbaines et la densité de population, ainsi que le montre l'exemple de l'Allemagne fédérale et des Pays-Bas comme indiqué plus haut.

Il serait intéressant à ce sujet de faire une comparaison état par état, mais nous n'avons pas pu obtenir les éléments nécessaires à cette fin.

Les kilométrages élevés observés en 1947 et dans les années suivantes s'expliquent sans doute par le fait que le pays étant à cette époque, par suite des séquelles de la guerre, sous-équipé en voitures, chaque voiture parcourait plus de kilomètres. La lecture du tableau suscite une autre remarque: c'est que l'augmentation de 2 cents/gallon de la taxe fédérale qui a permis de financer le programme routier le plus important de tous les temps s'est trouvée compensée par la baisse du prix hors taxe et par les conséquences de l'inflation.

Vangrevelinghe indique que l'on a obtenu d'aussi bonnes corrélations en utilisant des lois de demande exponentielles ou des lois de demande à élasticité constante.

Dans un autre article publié par la revue «Études et conjonctures» et rédigé par un membre de la même équipe, on note que pour les dépenses d'habillement il est nécessaire d'utiliser des ajustements à élasticité variable, l'élasticité de la demande par rapport au revenu variant de 1,5 à 0,5 suivant les revenus par tête.

Les nouvelles études que nous préconisons sur l'élasticité de la demande d'essence seront sans doute moins décevantes si l'on suit le fil directeur que nous avons indiqué, et si l'on ne s'obstine pas à essayer d'ajuster des courbes à élasticité constante.

Quoi qu'il en soit, il est dès à présent certain qu'un niveau de taxe sur l'essence tel que celui qui est pratiqué en France conduit à des pertes économiques sensibles, alors que le niveau pratiqué aux États-Unis conduit à des pertes économiques pratiquement nulles.

Il n'y a donc pas de contre-indication économique à maintenir une taxe sur l'essence à un niveau modéré.

Du fait que les frais de perception de la taxe sur l'essence sont extrêmement faibles, que les pertes économiques résultant d'un taux modéré de cette taxe sont également faibles, que certaines distorsions qu'elle introduit peuvent être en partie corrigées, nous concluons dans la suite de cette étude au maintien d'une taxe modérée sur les carburants parmi les principales

sources de recettes à affecter aux infrastructures routières.

La taxe sur l'essence devra être fixée à un niveau modéré de l'ordre de celui pratiqué par les Pays-Bas et l'Allemagne en 1964, et tous les pays de la Communauté devront progressivement s'aligner sur un taux uniforme de cet ordre de grandeur.

### 3.51.2 RECHERCHES SUR LA DEMANDE DE VOITURES

La littérature sur ce point n'est pas très abondante, les économistes s'intéressant beaucoup plus à l'effet des revenus sur l'achat des voitures qu'à l'effet des prix; le problème est d'ailleurs considérablement compliqué par l'existence du marché des voitures d'occasion.

La variation du prix des voitures, comme d'ailleurs l'augmentation des revenus, a un effet complexe sur la demande. Un abaissement du prix ou une élévation du revenu conduit l'acheteur à porter son choix sur des modèles plus puissants ou plus luxueux. Ces variations ont en même temps un effet sur le marché des voitures d'occasion.

Nous avons trouvé dans un ouvrage de Janine Morice<sup>(1)</sup> l'évaluation de l'élasticité de la demande nette de voitures neuves par rapport au prix, ainsi qu'une évaluation de l'élasticité de la demande totale.

Ce qui rend difficile l'étude de la demande en fonction du prix, c'est qu'il existe une très forte corrélation entre le temps et le prix; il est donc difficile de séparer l'effet du niveau de vie et celui du prix, tous deux fortement en relation avec le temps.

Dans un ajustement où on étudie la variation de la demande en fonction du revenu et du prix, on obtient une élasticité par rapport au prix de  $-1,4$ ; si on remplace la première variable: revenu, par un indice lié aux bénéfices distribués par les sociétés dans le pays considéré, l'élasticité par rapport au prix devient  $-1,03$ . En admettant qu'une partie des variations de la demande est expliquée par le temps ou le niveau de vie lié au temps, l'auteur propose de retenir une valeur voisine de  $-1$  pour la demande nette.

Pour la demande totale, l'auteur trouve une valeur de  $-0,912$ . Cette élasticité de l'ordre de l'unité entraîne des pertes sèches relativement importantes, comme on pourrait s'en rendre compte en établissant un croquis analogue au croquis 3.51.1a.

L'obtention d'un niveau de ressources déterminé au moyen de la taxe sur les voitures conduit donc à une perte sèche plus importante que si on veut obtenir les mêmes ressources par la taxe sur l'essence. Par le raisonnement qui est développé à l'annexe 4.51, on montre qu'à l'optimum les élasticités des demandes correspondant à plusieurs systèmes de taxes doivent être égales.

Ceci conduirait donc à une taxe faible à l'achat des voitures. Dans ces conditions et étant donné les effets

<sup>(1)</sup> Morice, Janine: *La demande d'automobiles en France*. Librairie Armand Colin — 1957.

*TABLEAU N° 3*

*Consommation d'essence par voiture de tourisme (gallons)*

*Taxes cents/gallon*

Taxe fédérale

États, moyenne

Total:

Prix hors taxes

Taxes

Total:

Pouvoir d'achat (1957-1959=100)

Prix essence en \$ constants (1957-1959)

Parcours en km

Sources: Statistical abstract 1963-1964.  
Historical Statistics from Colonial Times to 1957, Série Q, 328-329, p. 567.

complexes d'une taxe à l'achat sur la répartition des achats entre les différents modèles de voitures et son influence sur le marché de l'occasion, nous concluons à la suppression de cette taxe à l'achat de voitures et de véhicules utilitaires à l'exclusion, bien entendu, des taxes fiscales de droit commun destinées à alimenter le budget général.

Il n'y a pas de différence essentielle entre la taxe à l'achat et la licence, car l'acheteur d'un véhicule devrait logiquement tenir compte de la valeur actualisée des licences annuelles futures qu'il devra payer pendant qu'il sera propriétaire du véhicule.

Dans les conclusions de ce rapport, nous proposons le maintien des licences pour les véhicules utilitaires pour pallier des distorsions introduites par la taxe sur les carburants, du fait notamment de la différence des carburants utilisés, de la différence du kilométrage moyen effectué et de la différence du tonnage.

Par contre, cette raison n'existant pas pour justifier le maintien de licences annuelles pour les voitures de tourisme, notre conclusion, qui est d'ailleurs étayée, comme on le verra, sur d'autres considérations, est qu'il y a lieu de renoncer à imposer le paiement de licences annuelles aux voitures de tourisme.

### 3.52 Lois de demande de transport

Les lois de demande de transport interviennent dans la détermination de la tarification, par exemple, lorsqu'on impose la condition d'équilibre budgétaire, et de l'influence de la tarification sur le trafic lorsqu'on applique des taxes de congestion optimums ou non.

Les nouvelles recherches communautaires entreprises en commun par la Commission des Communautés européennes et le Service des affaires économiques et internationales du ministère de l'équipement français (SAEI), avec le concours des sociétés SETEC et CREDOC, sont ambitieuses. Elles auront une grande valeur explicative mais leur intérêt dépasse le cadre du problème de la tarification de l'usage des infrastructures. C'est ainsi que la recherche des relations entre la demande de transport et la taille des ménages ne présente aucun intérêt pratique dans ce domaine puisque la tarification de l'usage des infrastructures ne peut pas varier en fonction de ce paramètre; le modèle fait intervenir la fréquence des voyages, la régularité, la consommation de transport par unité de temps.

Deux modèles sont testés, qui sont des généralisations de modèles classiques d'allocation de trafic:

- l'un en fonction de la différence des coûts;
- l'autre en fonction du rapport des coûts.

Une des originalités de ces modèles est d'introduire l'attractivité de la destination, de sorte que le modèle inclut le cas du non-déplacement qui se produit lorsque l'attractivité des destinations est inférieure au coût du voyage.

Cependant, nous montrons à l'annexe 4.13 que l'attractivité d'un déplacement à la pointe est supérieure de

beaucoup à son attractivité hors pointe, puisqu'elle compense, et au delà, la diminution de confort à la pointe.

Il est à craindre que la valeur opérationnelle du modèle ne soit moindre que sa valeur explicative si, une fois l'analyse faite, on n'essaye pas de le simplifier pour ne tenir compte que des paramètres sur lesquels on peut agir au moyen d'une tarification diversifiée.

Les recherches de l'organisme américain SARC sont faites dans une direction plus classique.

Le modèle comporte des fonctions à élasticités constantes (directes et croisées). Il porte sur les relations entre les douze villes principales du corridor Nord-Est américain. Les résultats sont assez décevants. Cela tient principalement au fait qu'on a isolé une élasticité par rapport au temps et une élasticité par rapport au coût alors que ces deux variables sont très fortement corrélées. A ce point de vue, la méthode du coût généralisé utilisée par le SAEI (empruntée aux méthodes utilisées dès 1958 pour les études de trafic du tunnel sous la Manche) est plus satisfaisante et évite les instabilités que l'on constate dans les régressions lorsque l'on emploie la méthode du SARC.

Les lois de demande ne déterminent pas seulement quel sera l'effet d'une taxe de congestion; elles conditionnent la valeur économique de l'application d'une telle taxe. Quand l'élasticité de la demande est nulle, les pertes économiques correspondant à cette taxe sont nulles. On verra d'ailleurs que, dans les conditions concrètes où nous nous plaçons (chapitre 8), on sera dans des zones de courbes de demande où l'élasticité est faible (voir annexes 4.51 et 4.52) du fait que les péages d'équilibre ne sont qu'une fraction de la somme demandée aux usagers (ce que nous appelons l'allocation d'essence, au chapitre 8, est déduit, en fait, de la somme demandée aux usagers et une autre partie du péage correspond à la taxe de congestion). Il en résulte que les recherches sur la demande ont moins d'importance qu'on ne pourrait le penser a priori, du moins en ce qui concerne les problèmes de péages autoroutiers. Elles reprennent au contraire un très grand intérêt dans les problèmes de concurrence entre modes de transport, qui sont traités notamment aux annexes 3.66, 4.12 et 4.22.

En attendant que nos connaissances sur la demande soient précisées, il faudra n'appliquer les taxes calculées qu'avec une extrême prudence et adopter des niveaux de taxes modérés pour commencer, quitte à les ajuster empiriquement suivant les réactions de la demande (méthode dont la stabilité n'est d'ailleurs pas assurée quand l'élasticité de la demande est supérieure à celle de l'offre). Dans le cas où l'ajustement empirique est possible, il est inutile de connaître la loi de demande.

### 3.6 RECHERCHES SUR LE PROBLÈME URBAIN

Nous nous étendrons dans le sous-chapitre 4.3 sur les raisons qui font que le problème urbain mérite une

étude particulière. Dans le présent sous-chapitre, nous avons rassemblé une documentation sur un certain nombre de données et de recherches concernant différents problèmes urbains. Toutes ces études ont été reportées en annexe.

Dans l'annexe 3.61, nous analysons des études américaines présentant un très grand intérêt sur la tarification du parking. La tarification du parking est un succédané de la tarification de la congestion. L'école anglaise considère que cette tarification est moins efficace qu'une tarification kilométrique de la congestion; nous nous écartons de cette opinion et rejoignons celle exprimée à ce sujet à l'annexe 3.22.3 par un représentant de l'administration américaine. L'étude analysée dans l'annexe 3.61 arrive à la conclusion que le parking « en rue » doit être taxé et que même il doit être taxé à un tarif supérieur au parking « hors rue », puisqu'il est plus attractif du fait qu'il réduit les parcours à pied.

La légitimité de la tarification du stationnement est encore contestée en France; nous considérons qu'il est très important que des mesures législatives soient prises pour permettre aux municipalités de taxer le stationnement<sup>(1)</sup>. C'est un des éléments du rétablissement de la vérité des prix en matière de transport urbain et la généralisation de la taxation du stationnement doit précéder, à notre avis, l'institution des taxes de congestion.

L'annexe 3.62 traite des moyens qu'utilisent les villes américaines pour tirer des revenus du domaine occupé par les autoroutes urbaines. Étant donné le coût élevé de réalisation de ces autoroutes, aucune possibilité de financement réduisant la charge imposée aux usagers ne doit être négligée<sup>(2)</sup>.

Les annexes 3.63 et 3.64 contiennent certains renseignements recueillis à Paris. Les courbes de charge du boulevard périphérique comme celles de certaines radiales se distinguent des courbes de charge des voies du centre. Alors que dans ces dernières la saturation est atteinte pratiquement pendant environ huit heures par jour, les courbes des charges des autres voies sont beaucoup plus différenciées. La théorie des péages économiques, ou celle du « Road Pricing » dans sa version sommaire (voir annexes 3.21 à 3.23), permettrait donc l'institution de péages pendant huit heures par

jour sur les voies du centre, mais ne les permettrait que pendant une ou deux heures par jour sur les autres voies. On voit donc l'importance des perfectionnements que nous apportons au chapitre 4.1 à la théorie du « Road Pricing » par lesquels nous justifions pour une voie telle que le boulevard périphérique l'application de péages correspondant au bénéfice des usagers.

L'annexe 3.65 contient un certain nombre de renseignements concernant une étude sur les transports en commun à Baltimore. On y constate notamment l'importance relativement très faible des déplacements vers le centre (7%), ce qui n'exclut pas cependant la nécessité de transports en commun vers le centre. On envisage à Baltimore, comme dans d'autres villes américaines, la construction de voies express spécialisées pour les autobus. La construction de voies de dérivation pour les arrêts d'autobus sur les autoroutes est déjà un progrès très important et peut-être suffisant dans la plupart des cas; on en connaît des exemples notamment à Los Angeles depuis plus de dix ans.

Les études de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne (annexe 3.66) ont l'intérêt de montrer que les usagers du métro ou de l'autobus se déterminent par des critères objectifs qui se traduisent par des courbes de demande ayant la forme classique en S. Il en résulte notamment que l'élasticité n'est pas constante. On constate, en outre, que l'on peut obtenir une répartition optimum du trafic entre les moyens de transport concurrents en agissant sur la différence des tarifs. Ainsi des résultats importants pourront être obtenus avant même que la vérité absolue des prix soit rétablie en matière de transports en commun, à condition seulement que la différence des tarifs soit, elle, conforme à la vérité des prix.

Ces études sur la demande de transport urbain complètent, très heureusement, celles qui sont décrites en 3.52.

Elles apportent des éléments d'appréciation très utiles pour l'application de la théorie du concurrent aux transports urbains, telle qu'elle est développée en 9.22.

Les annexes 3.67 et 3.68 contiennent un certain nombre de données sur le coût de l'équipement urbain en Grande-Bretagne et en France qui seront analysées et exploitées au chapitre 4.3.

(1) Les mesures législatives nécessaires ont été prises depuis la rédaction de ce texte en 1966.

(2) Il s'agit au fond de la tarification d'un effet externe de l'autoroute (annexe 4.54).

## ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

## 4.0 Introduction

Les recherches, dont il est rendu compte au chapitre 3, ont apporté des éléments d'appréciation nouveaux et dont il était nécessaire de tenir compte.

Nous avons vu cependant que la théorie de la congestion, malgré l'enrichissement qu'elle apportait à la théorie de la tarification de l'usage des infrastructures, comportait des hypothèses restrictives qui faussaient certaines de ses conclusions. Il y avait lieu, d'autre part, d'essayer d'établir la synthèse de cette théorie et de la théorie du concurrent (4.1).

Avant d'arriver à des conclusions concrètes concernant les péages de congestion et les péages d'équilibre, il était nécessaire de préciser les lois de demande à utiliser sans attendre la conclusion des études exposées dans l'annexe 3.52.2.

C'est l'objet du chapitre 4.2, où se trouve également traitée (annexe 4.22) la question des liens existant entre la théorie de la demande et celle du « Road Pricing ».

En raison de son importance et de ses particularités, le problème urbain a fait l'objet de recherches complémentaires (4.3).

Poursuivant les études de Divisia<sup>(1)</sup> sur l'optimum économique sous contrainte d'équilibre budgétaire, nous avons tenté, en reliant cette théorie à celle du concurrent et à celle du « Road Pricing » de « réhabiliter » sur le plan économique la condition d'équilibre budgétaire (4.5).

Nous soulignons également l'importance pour la suite de ce rapport des résultats obtenus en 4.42 pour la définition de la saturation économique. Il y a lieu de tenir compte du haut degré de qualité du service qui est exigé par les usagers et d'avoir bien présent à l'esprit le fait que cette exigence augmentera au cours des années avec le niveau de vie.

#### 4.1. RECHERCHES COMPLÉMENTAIRES SUR LA THÉORIE DU « ROAD PRICING » ET LIAISON AVEC LA THÉORIE DU CONCURRENT

Nous avons indiqué dans l'introduction et au chapitre 3.2 l'incidence que les recherches sur la théorie de la congestion (Road Pricing) avaient eue sur la substance de notre rapport ainsi que l'enrichissement qu'elles ont apporté à la théorie de la tarification de l'usage des infrastructures, mais nous avons dit aussi quelles étaient les limitations de cette théorie du fait

de certaines hypothèses restrictives dont les principales étaient qu'on limitait l'étude à un seul itinéraire et qu'on ne tenait pas compte de la variabilité des valeurs du temps. Nous avons en outre souligné qu'on tirait des conséquences inadmissibles de la théorie dans le cas où on l'appliquait à des infrastructures qui ne correspondaient pas à un optimum économique.

Il était donc nécessaire de développer ces recherches et nous avons essayé de les relier à d'autres études que nous avons poursuivies en 1963 en nous inspirant de certaines recherches d'Électricité de France sur la notion de technique de référence, que nous avons développée (annexes 4.11 et 4.12) en lui donnant le nom de théorie du concurrent. Nous avons déjà évoqué ces recherches au paragraphe 1.42.

L'annexe 4.11 traite, en utilisant la théorie des programmes mathématiques, le problème de l'application des péages quand il existe deux systèmes de transports concurrents. On déduit de cette analyse la conséquence très importante que lorsque les coûts marginaux des systèmes concurrents sont différents, ce qui est le cas général, le système qui a le coût marginal le plus faible bénéficie d'une rente qui est proportionnelle à la différence des coûts marginaux. Si le choix des investissements a été fait pour réaliser l'optimum économique et si le transport au coût marginal le plus élevé comporte des investissements négligeables, on s'aperçoit que la condition d'équilibre budgétaire est automatiquement réalisée pour le transport concurrent. On déduit de cette analyse également qu'il n'y a jamais concurrence parfaite entre deux moyens de transport concurrents et que l'un bénéficie d'une rente si l'autre équilibre exactement son budget.

Dans l'annexe 4.12, nous inspirant des travaux de Beckmann<sup>(2)</sup>, nous montrons l'importance pour la détermination des péages de l'existence d'un concurrent (métro, taxis, vis-à-vis de la voiture individuelle; route vis-à-vis de l'autoroute). Dans ce passage, à l'imitation de Beckmann également, nous montrons l'importance de la prise en considération de valeurs du temps variables suivant les usagers.

Il résulte de ces recherches que, dans une ville où les relations concurrentes sont saturées, la taxation de la congestion ne peut guère contribuer à améliorer la situation. Il faut d'abord créer des capacités nouvelles. Un rôle plus important du péage serait de réduire la distorsion créée par le comportement marginaliste de l'automobiliste, question qui se posera d'une manière aiguë le jour où l'on voudra rétablir la vérité des prix pour les transports en commun.

La théorie du concurrent dans le cadre de la théorie de

(1) Divisia: *Cours d'économie*. École des ponts et chaussées de Paris.

(2) Beckmann; McGuire; Winsten: *Studies in the Economics ...*, op. cit.



la congestion a déjà été abordée par Lévy-Lambert (voir annexe 3.23) et, plus anciennement, par Beckmann (voir annexe 3.22). Celui-ci avait déjà, contrairement à ses successeurs, souligné la nécessité de tenir compte de valeurs du temps variant avec les individus.

Beckmann avait démontré qu'en appliquant un péage à une certaine route et en laissant libre l'accès d'une seconde route identique à la première, on augmentait le rendement social, car les usagers, dont la valeur du temps est supérieure, payaient le péage et se trouvaient ainsi sur une route moins congestionnée, alors que les autres perdaient un temps moins précieux sur une route plus congestionnée. A l'optimum, le péage est égal au bénéfice du voyageur marginal; la taxe de congestion de la route non congestionnée est plus élevée que celle de la route congestionnée, la vitesse y est plus forte, le temps perdu plus faible, mais la valeur de ce temps perdu est plus forte.

Ces résultats ont des conséquences pratiques très importantes puisqu'ils justifient la perception de péages sur une autoroute urbaine non congestionnée en concurrence avec une voie urbaine congestionnée, contrairement à ce que donnerait l'application de la théorie sommaire de l'annexe 3.21.

On pouvait déjà déduire des études de Lévy-Lambert (annexe 3.23) que le péage devait être égal à l'avantage de l'utilisateur, mais le phénomène qui conduisait à avoir une taxe de congestion plus élevée sur l'autoroute était inexplicable et absurde même, du fait qu'on admettait une valeur du temps égale pour tous les usagers.

Les développements de l'annexe 4.12.3 donnent la solution de ces contradictions.

L'annexe 4.13 étudie le problème de la justification économique des péages de pointe en l'abordant par une démarche tout à fait différente. Mais on arrive au même résultat que la théorie du « Road Pricing », à savoir qu'on obtient l'optimum en appliquant les péages de congestion définis par cette théorie.

Cependant, dans le cas où l'on est conduit à adopter un péage différent du péage fixé par la théorie de la congestion, par exemple en vue de réaliser l'équilibre budgétaire, on s'aperçoit en appliquant les principes de la théorie du concurrent que ce qui importe, c'est que la différence des péages pointe et hors pointe soit égale à la différence des péages fixés par la théorie.

Dans l'annexe 4.14, suivant une démarche analogue à celle de Mohring, nous indiquons quelle doit être, en fonction du coût de l'infrastructure et de la progression du trafic, la capacité optimum résultant de la théorie de la congestion.

Parmi les résultats les plus importants de cette étude, on peut citer le fait que les capacités optimums varient beaucoup plus faiblement que le coût kilométrique de l'infrastructure (puissance 1/2) et que, d'autre part, les capacités optimums augmentent avec la valeur du temps, donc avec le niveau de vie, ce qui revient à dire que des infrastructures jugées aujourd'hui trop onéreuses pourront ne plus l'être dans vingt ans et que la

pression pour des travaux d'infrastructure plus nombreux et plus luxueux s'accroîtra d'année en année. Ce sont des conclusions de cette espèce qui font le principal intérêt de ce genre de modèle, beaucoup plus que les conclusions qu'on pourrait en tirer concernant la capacité optimum des infrastructures, en raison de l'incertitude sur les constantes qui interviennent dans les formules, telles que taux d'intérêt et valeur du temps. En outre, le modèle choisi devient incorrect lorsque la densité critique est trop souvent dépassée.

L'annexe 4.15 a été établie pour montrer que, même en l'absence de croissance du trafic avec le temps (voir annexe 4.53), on obtient un optimum économique en construisant plusieurs ouvrages au lieu d'un seul. C'est le cas notamment des viaducs urbains en raison des contraintes qu'imposent l'existence d'immeubles et les « prospects » à respecter par rapport aux façades de ces immeubles. Ce résultat est utilisé dans l'annexe 4.16, où sont étudiées les conditions dans lesquelles l'équilibre budgétaire peut être réalisé dans le cadre de la théorie de la congestion.

Aussi bien Mohring (annexe 3.22) qu'Allais (annexe 3.3) retrouvent dans leur modèle le résultat très général que les taxes de congestion réalisent l'équilibre budgétaire lorsque le coût de l'infrastructure est proportionnel à la largeur, c'est-à-dire lorsque l'infrastructure est à rendement constant.

Nous montrons dans l'annexe 4.16 que ce cas de rendement constant est beaucoup plus répandu qu'on ne l'imagine généralement, et donc que l'équilibre budgétaire avec des péages purs est possible, théoriquement, dans ces cas étendus, mais la portée pratique de ce résultat est limitée car cet équilibre n'est pas compatible avec les règles d'amortissement financier en usage.

Il est intéressant de se rendre compte des pertes économiques qu'entraîne l'adoption d'un péage unique alors que la théorie voudrait que les péages varient continuellement suivant le degré de congestion.

L'annexe 4.17 indique comment peut être calculé le péage optimum unique lorsque l'on envisage le cas simplifié de deux natures de trafic: pointe et hors pointe, et les pertes économiques correspondantes. Un calcul basé sur le même principe a été fait par Mohring<sup>(1)</sup>, qui a montré que dans les conditions des autoroutes urbaines peu congestionnées et peu coûteuses de l'État de Michigan, les pertes économiques étaient extrêmement faibles.

L'accent est porté sur les phénomènes d'autorégulation qui, quoique contestés en général par les théoriciens français, sont pourtant bien réels (annexe 4.18).

Enfin, bien que le recours au mécanisme des prix soit considéré en général dans ce rapport comme le meilleur moyen de réaliser l'optimum, il n'en reste pas moins que dans un certain nombre de cas il est préférable

(1) Mohring, Herbert: « Relation between Optimum Congestion Tolls and Present Highway User Charges. » *Highway Research Record* Nr. 47. Highway Research Board, Washington D.C.

d'avoir recours à la réglementation. Un tel cas se présente notamment lorsque la perception des redevances n'est pas possible; il est analysé sommairement dans l'annexe 4.19.

## 4.2 DEMANDE DE TRANSPORT

Les recherches qui ont été analysées à l'annexe 3.52.2 donneront sans doute la réponse à beaucoup de questions concernant le problème de la demande de transport; mais il était nécessaire, en vue d'arriver dans le cadre de ce rapport à des propositions concrètes, de choisir les formes les plus appropriées de lois de demande s'appliquant à un certain nombre de problèmes particuliers.

Pour le problème de la concurrence route – autoroute, nous avons adopté une loi simple déduite de celle d'Abraham et pour les phénomènes de stimulation correspondants, les règles adoptées par le ministère de l'équipement français.

Des indications numériques données à ce sujet dans l'annexe 4.21, nous avons déduit la valeur du péage donnant la recette maximum. Les pertes économiques correspondant à ce péage sont déjà modérées et pour les péages d'équilibre inférieurs, que nous proposons, elles sont encore plus faibles. Les mêmes résultats seront présentés sous une forme plus générale dans les annexes 4.51 et 4.52.

Dans le cas particulier étudié, la perte sèche est le sixième de la recette et le quinzième de l'utilité totale de l'ouvrage. L'élasticité par rapport aux péages est alors de l'ordre de 1/3. L'élasticité correspondant au phénomène de stimulation est beaucoup plus faible: 0,12.

La perte sèche calculée comme précédemment serait divisée par 2 si l'on prenait en compte la théorie de la congestion (annexe 4.51). Les élasticités déduites de la courbe de demande simplifiée, que nous avons adoptées, sont comparées à celles déduites d'autres travaux.

Les résultats sont assez divergents. Le problème se complique du fait de la combinaison des effets du détournement et de la stimulation. Souvent les auteurs ne précisent pas de quelle élasticité il s'agit: par rapport au tarif, au péage ou au coût généralisé, cette dernière étant naturellement beaucoup plus élevée.

Il est montré dans l'annexe 4.22 qu'une courbe de demande peut être déduite de l'application de la théorie du « Road Pricing »; il s'agit d'une courbe d'allocation de trafic obtenue en négligeant le phénomène de stimulation. Une relation intéressante est établie entre la loi de demande et la loi de répartition des valeurs du temps.

Il y a donc contradiction dans les termes, si on admet l'existence d'une loi de demande et la constance de la valeur du temps.

Quand on essaye de confronter les valeurs numériques de la loi d'Abraham ou de son approximation linéaire et la théorie précédente, on s'aperçoit qu'il y a un résidu important qu'on ne peut expliquer qu'en admettant

l'existence d'un bonus variable dont la loi de répartition doit être analogue à celle des valeurs du temps (annexe 4.22.2).

Dans l'annexe 4.23, on essaye d'approfondir le phénomène de stimulation et on arrive à la conclusion que ce phénomène n'est pas essentiellement distinct du phénomène de détournement de trafic.

## 4.3 RECHERCHES COMPLÉMENTAIRES SUR LE CAS URBAIN

Le cas urbain mérite une étude particulière pour un certain nombre de raisons dont les plus importantes sont énumérées ci-après:

- a) Liaison des problèmes de transport, d'urbanisme et de logement. Niveau très élevé des dépenses d'infrastructure routière alors que ces dépenses sont faibles relativement quand on les compare avec les dépenses de rénovation urbaine et de construction de logements dont elles ne sont qu'un élément;
- b) Niveau très élevé des rentes foncières et (tout au moins dans certains pays) des rentes commerciales;
- c) Existence d'un problème global de transport impliquant, surtout pour les déplacements radiaux, la mise en concurrence des différents moyens: voitures personnelles, taxis, autobus, métro, chemins de fer de banlieue; dans l'avenir, tapis roulants, aérotrain;
- d) Niveau élevé de la congestion dans les villes anciennes;
- e) Problème du stationnement et du parking.
  - a) Les dépenses de voirie nécessaires pour moderniser l'accès et la desserte des villes sont considérables en valeur absolue, mais dans une opération de rénovation urbanistique elles ne représentent qu'une fraction des dépenses totales.

Il n'est pas question, d'autre part, de faire dans une métropole de la dimension de Paris les travaux correspondant à la motorisation totale des déplacements domicile-travail. A New York, on l'a vu, 10% seulement de ceux qui travaillent à Manhattan y pénètrent avec une voiture individuelle. 13% seulement des Parisiens qui ne vont pas à pied à leur travail utilisent soit une voiture personnelle, soit un taxi, soit un deux-roues; mais 43% allant à pied, c'est seulement 7,4% de ceux qui travaillent qui utilisent un moyen de transport individuel, taxi inclus, pour se rendre à leur travail.

Parmi les Parisiens qui ont une voiture, 67% de ceux qui ne vont pas à pied n'utilisent pas leur voiture pour aller au travail et 81% si on compte aussi ceux qui vont à pied.

L'autorotation sans intervention d'une taxe de congestion est donc déjà considérable. La motorisation intégrale est cependant possible, comme le montre l'exemple américain, pour les villes dont la population

atteint 500 000 habitants et certainement plus pour des villes entièrement nouvelles. Et il n'y a aucune raison en Europe de ne pas essayer d'atteindre un tel objectif (bien qu'il soit plus difficile à atteindre en raison de la proportion plus grande des déplacements intéressant le centre).

Dans une grande métropole de la dimension de Paris, il ne semble pas que la motorisation des déplacements domicile-travail puisse dépasser 15 à 20% (Manhattan 10%) après exécution d'un programme de routes express. Le reste doit être véhiculé par les transports collectifs de diverses catégories: métro dans les zones les plus denses; trains de banlieue dans les zones plus lointaines et pour desservir des villes satellites, et, dans les intervalles, autobus rapides utilisant les autoroutes radiales ou circulaires et possédant sur le tracé, des autoroutes des stations traitées en dérivation comme les stations d'essence d'une autoroute de rase campagne. Ces autoroutes pénétreraient en ville traversant des voies de ceinture de caractère autoroutier où certaines radiales se termineraient, tandis que certaines autres continueraient jusqu'à toucher le centre (traversant la ville tangentiellement à celui-ci). Dans leur partie urbaine, ces autoroutes alimenteraient un grand nombre de parkings pour les voitures des conducteurs qui accepteraient de faire le parcours final en autobus, en taxi, ou par les tapis roulants ou les téléphériques rapides qui doubleront certainement les autobus<sup>(1)</sup> dans l'avenir.

Les dépenses élevées en site urbain n'empêchent pas ces autoroutes d'être rentables, si on tient compte des économies qu'elles procurent aux usagers, et éventuellement des rentes que le développement correspondant du trafic procure aux propriétaires et aux commerçants. Aux États-Unis, où les volumes de circulation et la consommation spécifique sont plus élevés, on arrive à les financer par une augmentation modérée de la taxe sur l'essence et, dans certains cas, par des péages qui restent modérés, bien que l'équilibre budgétaire soit de rigueur (les taux d'intérêt sont plus faibles et les règles d'amortissement plus souples qu'en Europe).

b) Le niveau élevé des rentes est aussi un problème quand l'organisme constructeur doit envisager des expropriations; mais c'est un problème qui apporte avec lui sa solution.

Pour résumer en quelques lignes le résultat des analyses faisant l'objet des annexes 4.32 et 4.34, les rentes foncières liées à l'habitation ne sont autres que la contrepartie des économies de temps de transport. Elles croissent donc en proportion directe du niveau des salaires distribués dans l'agglomération et aussi de la dimension linéaire de celle-ci. Aussi augmentent-elles chaque année partout où le niveau de vie augmente et partout où les dimensions de la ville sont elles-mêmes en expansion.

Une pénurie artificielle de terrain et aussi le mécanisme

<sup>(1)</sup> Circulant eux-mêmes sur des itinéraires où ils auront priorité sur les voitures individuelles.

de l'anticipation<sup>(2)</sup> élèvent encore le niveau des rentes, mais, en l'absence de toute contrainte artificielle de cette sorte, le phénomène «double» de croissance des rentes évoqué au paragraphe précédent est inéluctable et existe en l'absence de toute spéculation. Deux conséquences pratiques importantes de ces théories, qui rejoignent celles de Maarek<sup>(3)</sup> et de Mayer<sup>(4)</sup>, sont les suivantes: la matière imposable sous forme d'impôts fonciers est en croissance constante et des ressources plus importantes pourraient être prélevées à ce titre si l'on pratiquait une adaptation annuelle de cet impôt aux valeurs foncières comme c'est le cas aux États-Unis<sup>(5)</sup>. Leur affectation partielle à des investissements intéressant les transports est légitime puisque, d'une part, la formation de ces rentes est liée à des dépenses de transport et que, d'autre part, l'exécution des travaux elle-même augmente les rentes du fait des parcelles qui sont soustraites à leur affectation actuelle.

Des considérations analogues peuvent être développées à propos des rentes commerciales ou industrielles pour lesquelles l'impôt correspondant est la patente.

Les rentes correspondantes ont été désignées sous le nom de rentes de situation, de densité et de concentration. L'annexe 4.33 essaye de rendre compte du phénomène de rendement croissant des entreprises industrielles et commerciales qui conduit à la croissance des villes au delà d'un niveau optimum dont l'existence résulte du fait que les dépenses de transport des individus et certaines dépenses municipales ont, au contraire des dépenses industrielles, un rendement décroissant par rapport à la taille de la ville. Cette théorie est calquée sur celle de la congestion et on en tire la conclusion qu'il existe un moyen beaucoup plus direct et plus efficace que les taxes de congestion (qui ne portent que sur une minorité d'usagers) pour limiter la croissance des agglomérations. Ce moyen serait l'établissement d'un impôt sur les salariés à payer par les employeurs et dont une partie du produit pourrait être affectée au financement de certains investissements de transport.

La conclusion est que le problème des transports ne peut être dissocié dans les grandes villes de celui de la limitation de leur croissance. La méthode qui consisterait à limiter cette croissance par la taxation des déplacements en voitures individuelles n'est ni la plus tolérable, ni la plus équitable, ni la plus efficace.

En résumé, au lieu de pénaliser les utilisateurs de la voirie, il est légitime d'alléger leurs charges en imputant une partie des dépenses à ceux qui bénéficient des avantages de la concentration; ce sont d'abord les bénéficiaires des rentes foncières beaucoup plus élevées dans les villes fortement agglomérées et qui croissent

<sup>(2)</sup> C'est le seul élément auquel peut être appliqué le terme de spéculation. Ce mécanisme ne modifie d'ailleurs pas la valeur finale des rentes.

<sup>(3)</sup> Maarek: Communication (non publiée) au Séminaire de M. Devron à la Faculté des sciences de Paris — 24 février 1965.

<sup>(4)</sup> Mayer: Prix du sol et prix du temps. *Bulletin du PCM* — novembre 1965.

<sup>(5)</sup> Le Vert, Paul: « Les autoroutes en Europe. » *Transports* — décembre 1965, n° 106.

chaque année avec le niveau de vie et les dimensions de la ville et, d'autre part, les industriels et les employeurs à qui la concentration procure des rentes grâce aux économies d'échelle qu'elle rend possibles et aux relations qu'elle rend plus faciles avec les entreprises situées dans la même ville (rentes de densité et rentes d'agglomération). Ceci rend légitime l'affectation d'une partie du produit de l'impôt foncier et de l'impôt spécial sur l'emploi à créer (impôts qui confisquent une partie de ces rentes) aux dépenses de développement urbain.

Les ressources ainsi dégagées devraient permettre de régler en gros les dépenses d'expropriation ou une partie des suppléments de dépenses que l'on engage en ville pour éviter les dépenses d'expropriation (cela est d'autant plus légitime que l'expropriation d'une parcelle ou d'un fonds de commerce se traduit, en raison de la limitation de la ville en extension, par une plus-value des autres parcelles et des autres fonds de commerce). La part de la dépense incombant aux usagers serait ainsi limitée à une fraction du coût, bien supérieure d'ailleurs au coût d'une autoroute en rase campagne, car les niveaux de service plus restrictifs et les avantages supérieurs procurés aux usagers permettent de rentabiliser des travaux plus coûteux.

c) Les études présentées aux annexes 4.12 et 4.35 esquissent la solution du problème de la mise en concurrence des différents moyens de transport avec l'objectif de réaliser un optimum.

Le problème semble dépasser les limites de notre mission, et il est de fait qu'à lui seul il mériterait de doubler le volume de cette étude. Il n'est pas possible cependant de l'éviter, car les solutions qu'on pourrait préconiser en négligeant l'interaction des deux domaines seraient fondées sur des bases inexacts.

Tout en admettant la nécessité de la décentralisation des organismes contrôlant les transports en commun urbains, les lignes ferroviaires de banlieue, la circulation des voitures personnelles, camions et taxis et le stationnement (où des résultats importants doivent être obtenus en donnant sa chance à l'initiative privée), il semble qu'on devrait constituer pour les grandes agglomérations urbaines un organisme coordinateur définissant les tarifs et coordonnant les investissements. Il semble qu'il y aurait intérêt à établir au niveau de cet organisme une caisse locale de relais ayant un rôle analogue pour l'agglomération à celui de la caisse centrale dont il est question au sous-chapitre 7.7.

Ce qui rend la solution des problèmes urbains particulièrement ardue, c'est que le degré dont la circulation routière s'éloigne de l'optimum n'est rien à côté de ce qui se passe pour les transports en commun :

- tarifs réduits à la pointe, alors qu'à la pointe pour les voitures, même en l'absence de tarification marginale, le coût total supporté par l'utilisateur augmente;
- tarifs réduits pour familles nombreuses, primes de transport payées aux salariés, même lorsqu'ils n'utilisent pas les transports en commun, primes de transport et investissements financés totalement

ou en partie (dans le cas particulier de Paris) par le budget de l'État, donc par les contribuables des autres villes<sup>(1)</sup>, ce qui conduit à faire subventionner les transports d'une ville congestionnée par les contribuables de villes non congestionnées.

La thèse acceptée généralement en Europe comme aux États-Unis est qu'il est impossible de faire payer aux usagers les investissements d'infrastructure de transports en commun même lorsque, comme à Baltimore, il s'agit en partie de voies autoroutières utilisées exclusivement ou non par les autobus. Ce courant est difficile à remonter; il ne pourrait l'être qu'à l'occasion d'une remise en ordre générale des salaires et des loyers, qui actuellement ne tiennent pas compte des dépenses réelles de transport.

On voit, cependant, qu'il est correct au point de vue de la théorie économique d'imputer une partie de la dépense des infrastructures urbaines de transports en commun ou non aux impôts sur les rentes (foncières ou commerciales), et éventuellement au nouvel impôt sur l'emploi (annexes 4.32 - 4.33 - 4.34).

Il est essentiel, en tout cas, que les dépenses correspondantes ne soient pas financées par des contribuables étrangers à la ville congestionnée.

Ceci étant admis, les tarifs devront être fixés en s'inspirant de l'annexe 4.12, de sorte que la répartition des usagers se fasse entre les différents moyens de transport de manière à réaliser un optimum économique.

Ceci conduira à adopter en pointe des tarifs pour les autobus du même ordre que ceux du métro, les éléments de cette détermination pouvant être trouvés dans les annexes 3.66 et 4.35 et au chapitre 9.2.

d) Il serait tentant d'utiliser pour réaliser les travaux gigantesques mais non utopiques, nécessaires dans les villes congestionnées, le produit des taxes de congestion d'un niveau élevé tel que semble l'autoriser la théorie citée aux annexes 3.21 à 3.23.

Nous avons indiqué aux annexes 3.21 et 4.11 les raisons pour lesquelles des taxes aussi élevées ne peuvent être admises. La première est que ces taxes doivent être fixées en fonction des tarifs bas des transports en commun afin de ne pas créer de distorsion; la deuxième est que, dès que la voie urbaine encombrée est remplacée par une voie express optimum, le montant des taxes de congestion, que la théorie permet de percevoir, diminue radicalement.

La dernière, et la plus importante, est qu'il s'agirait en réalité de l'exploitation d'un monopole de pénurie. Les goulots d'étranglement financier, ou un urbanisme à courte vue, ont empêché jusqu'à présent de réaliser un réseau mixte de métro et de voies express résolvant le problème de la congestion.

On ne voit pas pourquoi on infligerait à ceux qui ont pâti dans le passé de cet état de choses, dont ils ne sont

(1) Ceci n'est pas entièrement exact actuellement puisque l'État perçoit plus sur les usagers des villes qu'il ne reverse à ces villes. Mais on voit en 9.2 que la fiscalité spécifique dans une ville comme Paris ne comporte pas de recettes très importantes.

pas responsables, une pénalité supplémentaire sous la forme de taxes exorbitantes pour réaliser tardivement ces améliorations.

L'examen des graphiques de l'annexe 3.64 montre la différence de la courbe de charge journalière d'une voie radiale et d'une voie du centre à Paris. Nous dirons que la voie du centre a une courbe de charge dégradée; le niveau de saturation, qui est limité pour la radiale à une à deux heures de pointe le matin et un peu plus le soir, s'étend pour la voie du centre sur toute la journée avec une légère rémission à midi.

On voit que l'imposition d'une taxe de congestion élevée (aussi longtemps que des parkings n'auront pas été créés aux abords des radiales et qu'une connexion efficace par bus ou par d'autres moyens plus modernes n'aura pas été établie entre le parking et le centre) aura pour effet de conduire à une sous-utilisation des radiales, ce qui entraînerait une perte de rendement social.

Il s'agit là d'un phénomène d'effet externe sur la radiale qui échappe au modèle de congestion étudié jusqu'à présent lequel s'applique à des réseaux homogènes, alors qu'il y aurait lieu de le rendre plus réaliste en traitant les interactions d'un réseau artériel et d'un réseau de distribution.

Les procédés de comptage automatique décrits en 2.32 ne sont pas recommandés. Les frais de perception seront élevés, le système entraînant des démarches compliquées; la fraude est à craindre; les pannes poseront des problèmes; l'utilisation de ces procédés entraînera une diminution de la liberté qui est le privilège essentiel attaché à la possession d'un véhicule individuel. Le procédé que nous préconisons est une vignette quotidienne donnant le droit d'entrer dans certaines zones centrales à certaines heures de la journée.

Une taxe de congestion modérée aura pour effet d'éliminer un certain nombre de voyageurs marginaux, peu nombreux d'ailleurs, qui ne calculent pas sérieusement l'utilité de leur voyage, qu'ils ont tendance à considérer comme gratuit; la taxe les incitera à grouper leurs courses, à pratiquer le pool des voitures.

Enfin, cette taxe rétablira l'équilibre avec les taxis et les transports en commun qui est l'objet d'une distorsion puisque les voyageurs en voiture font intervenir dans leur décision les «out of pocket expenses», c'est-à-dire pratiquement l'essence, alors que le coût total de leur voyage comprend en réalité les pneus, l'entretien, l'usure, une partie des assurances (annexe 4.12).

On a vu que, toutes choses égales d'ailleurs, cette taxe devrait être diminuée si la vitesse et le confort du métro augmentaient et majorée si les tarifs du métro étaient portés à un niveau plus élevé.

Elle devra également augmenter avec le niveau de vie. Il est impossible, dans l'état actuel des choses, de la calculer rationnellement; aussi fera-t-on largement appel à l'intuition. Son application n'aurait pas grand sens à l'heure actuelle dans une ville où la tarification du stationnement n'est pas encore généralisée (voir chapitre 9.2).

e) Contrairement aux auteurs anglais, notre conclusion est que la taxation du parking est un moyen efficace de contrôler la congestion, comme on le constate à Manhattan, à condition bien entendu que l'on offre aux usagers des voies de rocade leur permettant d'éviter le centre. La première condition pour que ces mesures soient efficaces est que la taxation soit générale, qu'elle s'applique au stationnement dans la rue et, comme on l'a vu, avec un tarif plus élevé que dans les garages.

L'application d'une taxe sur le parking permettra de différer l'application d'une taxe de congestion plus difficile à percevoir.

La tarification du parking dans la rue aurait un double résultat; celui d'éliminer les usagers qui n'attribuent pas à leur voyage une valeur suffisante pour envisager le paiement d'une taxe de parking et celui de réduire le «cruising» (voir annexe 3.61).

On voit à l'annexe 4.31 que le débit de sortie du centre d'une ville est fonction du nombre de places de parking existant dans la même zone. C'est ce qui explique que les débits de sortie, qui sont les débits de pointe, ne peuvent pas dépasser un certain niveau en fonction du nombre de places de parking.

Ceci vient à l'appui de la théorie américaine suivant laquelle le contrôle de la congestion peut être remplacé par le contrôle du parking. Cela explique aussi que la congestion ne puisse pas augmenter gravement au delà du niveau actuel si on n'augmente le nombre de places de parking dans le centre qu'en proportion de la capacité des radiales de dégagement.

Il faut remarquer qu'en ce qui concerne les deux villes anglaises citées à l'annexe 3.67, l'une n'est pas destinée à s'étendre (cas de Leeds) et l'autre est destinée à s'étendre seulement de 20% (cas de Newbury).

Ce n'est évidemment pas de cette façon que l'on pourra résoudre le problème qui se présentera dans les vingt prochaines années à un pays comme la France qui verra sa population urbaine augmenter de 50% et qui devra, pendant cette période, créer des structures urbaines pour 15 millions d'habitants nouveaux et 12 millions d'automobiles supplémentaires (annexe 3.68).

La solution raisonnable est de créer des villes entièrement nouvelles où la motorisation intégrale serait possible moyennant des dépenses modérées (au moins jusqu'à une population de 500 000 ou un million d'habitants); l'incidence des rentes foncières sur le coût des logements et de la voirie serait, tout au moins à l'origine, extrêmement faible et il en résulterait qu'à tous points de vue le coût des services rendus par une telle ville serait beaucoup moins élevé que dans les villes existantes. Il sera très intéressant de constater expérimentalement comment, lorsque la vérité des prix sera établie dans les villes existantes, la population se répartira entre les villes anciennes et les villes nouvelles.

Il est probable que malgré les avantages concernant les coûts que l'on trouvera dans les villes nouvelles, malgré

l'avantage d'une motorisation intégrale, malgré en contrepartie les difficultés de circulation, les loyers et les impôts plus élevés dans les villes anciennes, beaucoup préféreront les villes anciennes avec leurs ressources culturelles, les contacts qu'elles permettent, les possibilités d'emploi et les habitudes contractées.

Pour employer une notion déjà utilisée, il est probable qu'en moyenne un bonus sera attribué aux villes anciennes, mais une minorité attribuera probablement un bonus aux villes nouvelles.

La création de villes nouvelles est de toute façon un élément permettant de diminuer la pression sur les villes anciennes et, par conséquent, de rendre celles-ci plus habitables.

Là encore, l'optimum sera obtenu en instituant une concurrence entre villes nouvelles et villes anciennes. La vérité des prix étant progressivement rétablie dans les villes anciennes, il apparaîtra sans doute alors que, compte tenu de la diminution de la pression sur les villes anciennes, celles-ci pourront renoncer à certains travaux et se contenter de s'équiper pour un degré de motorisation plus faible pour les relations avec le centre.

Pour les relations périphériques, la motorisation à 100% paraît être un objectif assez facile à atteindre, sauf pour les très grandes métropoles comparables à Paris.

Les renseignements contenus dans l'annexe 3.68 donnent lieu aux commentaires suivants, qui couvrent à peu près tous les paragraphes de 4.3.

#### 1° Urbanisme

L'importance du développement urbain dans les années à venir est soulignée par les chiffres figurant au paragraphe 3.68.1 de cette annexe.

Les dépenses de voirie à faire en vingt ans sont considérables en valeur absolue; cependant, elles ne représentent pour chaque automobile nouvelle que la moitié de sa valeur. Malgré cela, les techniques fiscales existantes sont impuissantes à dégager les ressources nécessaires puisque la dépense pour le V<sup>e</sup> Plan a été réduite à 40% de sa valeur souhaitable.

Il faudrait y ajouter les dépenses des réseaux de desserte autres que la voirie qui sont du même ordre de grandeur et, également, une fraction des prix des logements correspondant à des travaux d'équipement qui sont pris en charge indirectement par des collectivités dans le cas de logements sociaux.

Si la règle du paiement par les usagers (sous réserve de quelques cas sociaux) et les bénéficiaires de rentes de la quasi-totalité des dépenses qui sont actuellement imputées au budget de l'État était mise en vigueur, les charges budgétaires correspondantes seraient allégées et le bilan serait positif pour le fisc, même en tenant compte de la suppression des rentrées fiscales correspondant à la fraction non défiscalisée de la taxe sur les carburants.

Il n'est pas excessif de demander en moyenne à un

usager de payer en vingt ans pour la voirie nouvelle sur laquelle sa voiture circulera, la moitié du prix de cette voiture.

Le développement explosif de la population urbaine impose, nous l'avons dit, la création de véritables métropoles nouvelles avec possibilité de motorisation intégrale des déplacements domicile-travail et ceci pour un prix de revient inférieur à celui de l'aménagement des villes existantes.

Des programmes de construction de villes nouvelles de 50 000 à 100 000 habitants, en faveur en Angleterre, ne résolvent rien. Jamais des agglomérations d'une aussi minime importance, sans activité culturelle, avec une population où les classes sociales sont insuffisamment diversifiées, ne pourront jouer le rôle concurrentiel par rapport aux métropoles existantes que nous voulons assigner aux villes nouvelles.

#### 2° Rentes

Le paragraphe 3.68.2 donne des indications permettant d'apprécier l'importance des rentes qui naissent en matière de logement du fait des lois restreignant la liberté des loyers, mais aussi de l'inflation. La hausse du prix des logements (50% en trois ans) est considérablement supérieure à l'inflation moyenne.

#### 3° Transports en commun

Les données du paragraphe 3.68.3 confirment l'importance que les usagers attribuent à la qualité du service et qui avait déjà été évoquée à l'annexe 3.66.

Le fait que le coût du transport ne représente actuellement que 15% du coût généralisé total devrait réduire les hésitations concernant le rétablissement de la vérité des prix dans les transports en commun (ceci dit, nous estimons que les conditions psychologiques du succès de cette opération, son acceptation sans réserve par les classes laborieuses pour le présent et pour l'avenir, imposent, comme nous l'avons déjà indiqué, d'accorder, en même temps que cette opération sera faite, des augmentations de salaires dans les villes intéressées).

#### 4° Aide de l'État

Les données du paragraphe 3.68.4 montrent l'importance de l'aide que l'État apporte en France aux collectivités locales pour les programmes de voirie et de transports en commun. Le principe de cette aide est en opposition totale avec la théorie économique et notamment l'aide à une ville congestionnée, telle que Paris, paradoxalement supérieure à celle aux « autres agglomérations ».

Rappelons qu'à Paris, à cette aide sur les investissements de voirie, s'ajoutent l'aide aux transports en commun et la prime spéciale dont le rendement peut être évalué à 200 000 000 de francs par an (avant une récente augmentation).

L'idée même de l'existence d'un réseau national dans une ville est contestable économiquement. L'idée d'une aide de l'État pour un financement des parkings, qui en est la conséquence, n'est pas plus raisonnable.

En regard des renseignements sur les investissements urbains reproduits dans l'annexe 3.68 nous pensons qu'il est utile d'en placer quelques autres, pour la plupart relatifs à la région parisienne, et qui permettront des comparaisons intéressantes.

	Millions de francs français
1) Déficit de la RATP <sup>(1)</sup> 1966	900 <sup>(2)</sup>
2) Déficit des lignes de banlieue de la SNCF <sup>(3)</sup>	591
3) Prime de transport de la région parisienne (évaluation) 1966	200 <sup>(4)</sup>
4) Recettes de la taxe sur les carburants pour les voitures circulant à Paris	418
5) Aide de l'État pour la décentralisation des industries	200 <sup>(4)</sup>
6) Recettes de la taxe sur les carburants pour toute la France (1965)	9 688
7) Recettes de la vignette (licence voiture de tourisme) pour toute la France (1965)	720
8) Déficit de la SNCF (1966)	4 283
9) Recettes perdues pour l'État provenant de la taxe sur les carburants et de la vignette si les propositions de ce rapport sont adoptées (approximativement $\frac{9\ 688}{2} + 720$ ) dans le cas d'une élasticité nulle de la demande d'essence <sup>(5)</sup>	5 564

(1) Régie autonome des transports en commun de la région parisienne.

(2) Il est à noter qu'un relèvement des tarifs est intervenu au cours de l'été 1967 en vue de supprimer ce déficit.

(3) Région parisienne.

(4) On voit que l'aide directe à la décentralisation et l'aide indirecte à la centralisation que constitue la prime de transport (ligne 3) se compensent. En réalité, «l'aide à la congestion» est beaucoup plus forte du fait des subventions d'équilibre des transports en commun (lignes 1 et 2).

(5) Si l'on tient compte de l'élasticité de la consommation d'essence, les recettes perdues seraient nettement inférieures. Il y a lieu de noter cependant que pour ce calcul il faut appliquer les élasticités par rapport à la taxe, c'est-à-dire les élasticités par rapport aux prix (voir paragraphe 3.51.1) multipliées par  $\frac{t}{p}$  rapport de la taxe aux prix.

On voit que le rétablissement de la vérité des prix pour les transports en commun de la région parisienne conduirait à un allègement des charges de l'État et des collectivités de 1 491 millions de francs.

La suppression des subventions de l'État accordées pour les dépenses d'équipement urbain conduirait à une réduction des charges de l'État de 1 312 millions de francs, mais en réalité on a vu que l'investissement souhaitable au cours du V<sup>e</sup> Plan aurait été de 40 milliards, soit de 6 à 8 milliards par an au lieu des 2,6 qui ont été définitivement retenus.

Il faudra bien arriver à un chiffre moyen de cet ordre dans les plans ultérieurs, sinon le retard d'équipement ne ferait que s'amplifier. Suivant les errements actuels un investissement de 6 à 8 milliards comporterait une participation de l'État de 2 580 millions à 3 440 millions. Ce dernier chiffre, ajouté aux 1 491 millions correspondant à la résorption des déficits des transports en commun, donne un total de 5 931 millions qui est comparable au chiffre de 5 564 millions de pertes de recettes sur la fiscalité spécifique qu'entraîneraient pour

l'État nos propositions, dans le cas d'une élasticité nulle de la demande d'essence et très supérieur (voir note 5 ci-contre) dans le cas où l'on admet, conformément aux conclusions du paragraphe 3.51.1, une élasticité notable de la demande d'essence pour les taux de taxe pratiquée en France.

Le calcul précédent n'a pas d'autre prétention que de montrer, avec toutes les réserves qu'il y a lieu d'émettre sur l'exactitude des chiffres, qu'à la longue le fisc lui-même bénéficierait de l'application des règles de vérité des prix que nous suggérons d'adopter, même si cette réforme est accompagnée de la réduction de la taxe sur l'essence et de la suppression de la licence (vignette) que nous préconisons.

D'ailleurs, l'institution de l'impôt différencié sur l'emploi apporterait aussi des ressources compensant partiellement celles auxquelles on renoncerait sur la taxe sur l'essence.

Il est facile également de voir, d'après les chiffres indiqués dans le tableau ci-dessous, que le rendement des impôts fonciers de la ville de Paris pourrait être amélioré grandement sans constituer une charge insupportable.

*Budget 1966 de la ville de Paris  
(Population 2 811 171)*

Contributions diverses; les contributions 1, 2 et 14 ont le caractère de prélèvements sur les rentes:

N <sup>o</sup> réf.	Pourcentage	Principal	Centimes additionnels (francs français)	Total arrondi
1	12,3	2 064 000		30 000 000
2	13,7	2 306 000		32 300 000
12	15,8	2 657 000		37 900 000
14	58	9 770 000		136 500 000
Total	100	16 797 000	218 748 000	235 000 000

1 = Taxe sur la valeur en capital des propriétés bâties et non bâties.

2 = Taxe sur le revenu des propriétés bâties.

12 = Taxes et surtaxes locatives<sup>(1)</sup> sur les locaux à usage d'habitation.

14 = Taxe sur la valeur locative des locaux servant à l'exercice d'une profession<sup>(2)</sup>.

Budget d'équipement 1966 — 787 221 220 Francs français

(1) Cette taxe n'a pas le caractère d'un prélèvement sur les rentes; elle est néanmoins indiquée à titre de comparaison.

(2) Cette taxe a le caractère d'un prélèvement sur la rente du locataire qui exerce sa profession dans les locaux considérés.

La somme payée par habitant au titre des quatre contributions analysées ci-dessus est de 83 FF, soit 240 FF environ par ménage.

Les impôts 1 et 2, soit un total de FF 62 300 000, supposés appliqués à 80 000 000 de m<sup>2</sup> de locaux d'habitation seulement, donnent un taux au m<sup>2</sup> de 0,78 FF, alors que le m<sup>2</sup> de ces mêmes locaux vaut en moyenne au moins 1 000 FF.

## 4.4 DONNÉES ET RECHERCHES SUR LA SATURATION ÉCONOMIQUE

### 4.40 Introduction et résumé

La notion de capacité économique n'a de sens que si on la définit en fonction d'une certaine qualité de service.

Dans la notion de qualité du service on peut distinguer deux éléments: l'économie de temps et un résidu correspondant à la notion de confort, c'est-à-dire la facilité de conduite, la diminution de la tension nerveuse. Cet élément résiduel est appelé le bonus. Il est défini par rapport à un itinéraire concurrent. Alors qu'en France on admet pour l'autoroute un bonus fixe de 3 c/km par rapport à la route ordinaire, les auteurs américains ont déterminé le bonus itinéraire par itinéraire et en le rapportant aux changements de vitesse opérés, qui sont plus nombreux lorsque la route est congestionnée (4.41).

On se réfère ensuite aux critères empiriques américains qui, pour définir la capacité, font appel à la loi de la trentième heure et au «type d'exploitation»<sup>(1)</sup> ou au «niveau de service» (nouveau Highway Capacity Manual)<sup>(2)</sup>.

On peut considérer la fixation des capacités par le critère de la trentième heure comme l'application d'un modèle avec une probabilité de défaillance extrêmement faible puisqu'elle est de l'ordre de 3/1000 en temps et de 3% en volume. C'est donc une exigence de qualité très élevée; il faut s'attendre d'ailleurs à ce que ces exigences de qualité croissent avec le niveau de vie comme elles ont crû dans le passé pour aboutir à l'exigence de l'homogénéité des tracés qui est déjà très onéreuse.

Ce paragraphe analyse également les conditions d'instabilité qui se présentent lorsque la capacité est dépassée et qui conduisent à une tension nerveuse qu'on ne doit pas imposer aux usagers plus de quelques heures par an. Malheureusement, ces périodes de surcharge peuvent difficilement être contrôlées par la tarification puisqu'elles correspondent à des cas fortuits et heureusement rares, du moins quand l'infrastructure est optimum, ce qui n'est pas le cas des artères congestionnées des grandes villes.

L'annexe 4.43 contient la justification du choix d'un niveau de service plus élevé sur les routes de campagne que sur les routes urbaines. Les parcours étant plus longs sur les premières, la tension nerveuse imposée au conducteur doit être plus faible. Dans l'annexe 4.44 des indications sont données sur les critères adoptés dans le Highway Capacity Manual pour définir la capacité et la saturation des voies urbaines à croisements à niveau munis de signaux.

La conséquence la plus importante de ce qui précède est que si l'on admet les critères de congestion et de

saturation adoptés ci-dessus, la période pendant laquelle il serait légitime, suivant la théorie des péages économiques, de percevoir des péages purs serait réduite à trente heures par an. Cette théorie ne validerait la perception de péages donnant des recettes substantielles que dans le cas d'infrastructures non optimales telles que les voies des villes congestionnées, où la saturation est atteinte huit heures par jour environ, soit 33% du temps, et où on est donc loin de l'application du critère de la trentième heure.

La théorie du «Road Pricing» au contraire permet, en modulant les péages suivant le degré de congestion, d'obtenir la qualité optimum du service pour une demande donnée.

### 4.41 Notion de qualité du service — Bonus

La définition de la notion de qualité du service n'a été l'objet de recherches systématiques qu'aux États-Unis (voir Paul J. Claffey)<sup>(5)</sup>. Il s'agit d'une étude, faite sur 14 000 miles dans dix-sept États, sur la motivation du choix entre route à péage et route libre, en quatorze points. 84% de ceux qui ont choisi la route à péage disent l'avoir fait pour gagner du temps, 21% à cause de l'augmentation du confort de conduite. Ceux qui vont du domicile au travail sont proportionnellement plus influencés par le gain de temps que par le confort. Parmi ceux qui ont choisi la route libre, 21% disent qu'ils l'ont fait pour gagner du temps, 19% pour le confort, 13% seulement pour économiser de l'argent, 47% pour d'autres raisons. Le pourcentage élevé de ceux qui trouvent la route libre plus attrayante s'explique, semble-t-il, par le plus grand nombre et le choix plus varié d'hôtels, de restaurants, de stations-service.

Dans cette enquête, le confort est mesuré par le nombre cumulé de changements de vitesse exprimé en miles par heure, les changements de vitesse de moins de 3 miles par heure étant négligés.

En adoptant une formule exponentielle pour relier le nombre de trajets au coût généralisé, on a déterminé la valeur du temps  $t$  et la valeur de l'unité de changement de vitesse  $S$ :

$$t = 2,365 \text{ cents/minute } (\pm 0,59 \text{ c})$$

$$S = 0,048 \text{ cents/speed change unit } (\pm 0,062 \text{ c}).$$

L'auteur reconnaît que d'autres facteurs de confort doivent être pris en compte et qu'en conséquence, les valeurs globales des changements de vitesse sont plus représentatives que les valeurs unitaires.

La vitesse sur les routes rurales à quatre voies à accès contrôlé (autoroute) est de 60 miles/heure (96 km/heure), celle sur les routes ordinaires à deux ou quatre voies de 47 à 50 miles/heure (75 à 80 km/heure).

La consommation d'essence sur les autoroutes de rase campagne est de 12% supérieure à celle sur les routes ordinaires rurales, elle-même de 15% supérieure à celle sur les routes urbaines.

(1) Highway Research Board: *Highway Capacity Manual*. Department of Commerce Bureau of Public Roads, Washington — 1950.

(2) Idem — 1965 — cf. 4.42 et annexe 4.44.

(5) Claffey, P. J.: *Characteristics of passenger . . .*, op. cit.



Le voyageur moyen s'arrête à 43% des feux en zone rurale et 30% en zone urbaine et perd 0,29 minute par arrêt en zone urbaine et 0,21 minute en zone rurale.

Le tableau suivant résume un certain nombre de renseignements figurant dans le travail de P. J. Claffey et d'autres renseignements qu'on peut en déduire.

Autoroute n°	Péage cents/mile	% d'usagers choisissant la route à péage	Économie de temps/mile	Économie de changements de vitesse/mile	
			coût en cents/mile	quantité	coût en cents/mile
3	1,54	65	0,6	20	0,96
4	1,25	67	0,6	7 à 25	0,43 à 1,2
51	1,4	60	1,2	24 à 38	1,15 à 1,37
7	1,2	78	0 à 0,07	14	0,67
9	1,8	90	0,9	7	0,30
10	1,6	88	1,0	28	1,35
20	1,6	82	0,9	8,9	0,44
11	1,5	25 <sup>(1)</sup>	0	6	0,29

(<sup>1</sup>) C'est la seule pour laquelle la voie libre concurrente ait quatre voies et soit plus courte que l'autoroute (57,4 miles au lieu de 65).

Le gain de confort varie de 0,3 à 1,37 cent/mile, soit de 1 à 4,2 centimes/km; le gain de temps de 0 à 1,2 cent/mile, soit de 0 à 3,75 centimes/km; les péages de 1,2 à 1,8 cent/mile, soit de 3,75 à 5,62 centimes/km.

En Europe, la notion de qualité du service a été précisée à l'occasion de l'étude du tunnel sous la Manche, en 1959.

On a dégagé la notion de bonus, qui se définit comme la valeur monétaire que les usagers affectent, pour un moyen de transport déterminé, aux avantages non déjà décomptés (autres que gains de temps et économie de frais de transport et de fonctionnement des voitures).

Le bonus médian est déterminé en prenant l'abscisse du point correspondant au partage égal de trafic sur les courbes d'affectation, déterminées expérimentalement en portant en abscisse la différence des coûts généralisés pour les deux trajets comparés, cette abscisse devant évidemment être nulle quand le bonus médian est nul. Le bonus médian est souvent appelé bonus pour abrégé.

Les services français des travaux publics admettent pour les autoroutes un bonus fixe de 3 centimes/km par rapport aux routes ordinaires concurrentes. On a vu à l'annexe 4.22 comment, avec les valeurs du temps admises, les courbes de demande constatées n'étaient pas explicables sans la considération d'un bonus variable.

Les recherches américaines amènent à la même conclusion, mais conduisent en outre à nuancer la valeur du bonus médian suivant les itinéraires. Si on ramène par exemple le terme relatif au confort de J. Claffey au kilomètre parcouru, on trouve, on l'a vu, des valeurs comprises entre 1 et 4,2 centimes/km. Le bonus varie bien entendu suivant qu'on est en pointe ou hors pointe. On a tenu compte de ce fait à l'annexe 4.13.

#### 4.42 Capacité ou saturation économique

Pour essayer de jeter quelque lumière sur les notions de capacité ou de saturation économique, en relation avec le niveau de service, le mieux est de nous référer maintenant aux critères américains.

Nos sources sont :

- le «Highway Capacity Manual» datant de 1950<sup>(1)</sup>. Il a fait l'objet d'une révision publiée dans le courant de 1966;
- le «Road User Benefit Analyses» (Red Book), publié en 1952 et révisé en 1959<sup>(2)</sup>, et, pour partie,
- le «Highway Cost Allocation, Supplementary Report» U.S. Department of Commerce<sup>(3)</sup>.

Le «Highway Capacity Manual» a été souvent critiqué en Europe. Les critiques que l'on a pu en faire ne sont que partielles et il n'existe ailleurs rien de comparable à ce corps de doctrine homogène et cohérent. En s'y conformant, les États-Unis, sans rechercher la rigueur économique, ont construit et construisent un immense réseau routier qui est justifié économiquement<sup>(4)</sup> dans sa contexture (dans le sens que ses bénéfices sont supérieurs à son coût et que les variantes retenues sont celles qui ont le taux de rentabilité maximum), qui n'entraîne que des pertes économiques légères, qui est financé par une fiscalité spécifique très supportable et qui est construit sans retard entraînant de lourdes pertes économiques.

Le débit dit de la trentième heure est celui qui n'est atteint ou dépassé que pendant trente heures par an. Dans la courbe des débits classés, c'est l'ordonnée du point d'abscisse 30.

Le critère de capacité adopté par les Américains est le suivant: le débit de la trentième heure, pendant la période de vingt à vingt-cinq ans qui correspond à l'horizon retenu pour les prévisions de trafic, ne doit pas dépasser la capacité pratique. La notion de capacité pratique était définie dans le «Highway Capacity

(<sup>1</sup>) op. cit.

(<sup>2</sup>) op. cit.

(<sup>3</sup>) op. cit.

(<sup>4</sup>) Il est justifié économiquement, sans cependant qu'on soit sûr qu'il corresponde à l'optimum.

Manual» de 1950 suivant un certain nombre de «types d'exploitation». Cette notion est remplacée dans la nouvelle édition par la notion voisine de niveau de service.

Dans ce qui suit on suivra l'ancien manuel, qui a l'intérêt d'avoir conditionné le plus important programme d'investissements routiers de tous les temps. (On rapprochera les dispositions nouvelles des indications anciennes. Si certaines définitions sont changées et si certaines notions sont précisées, on constatera la permanence des idées fondamentales.)

#### Capacité pratique<sup>(1)</sup> – Routes à plusieurs voies

Dans l'édition de 1950, il était indiqué que, sur la plupart des routes en rase campagne, les conditions de la circulation sont considérées comme satisfaisantes par les conducteurs moyens lorsque la vitesse réelle (operation speed) est de 70 à 80 km/heure (88)<sup>(2)</sup> sauf pendant de courtes périodes de pointe, la vitesse moyenne étant de 64 à 72 km/heure et le volume correspondant de 1 000 véhicules/heure.

A l'annexe 4.43, nous résumons certaines considérations exposées par Karl Moskowitz<sup>(3)</sup> pour justifier la différence entre les capacités urbaines et rurales.

Les parcours étant plus longs sur une autoroute de campagne, il faut imposer aux utilisateurs une tension nerveuse plus faible.

Pour une autoroute en rase campagne, Moskowitz recommande des volumes de circulation très faibles (3/8 de la capacité seulement) pour une autoroute à deux fois deux voies.

Sur les secteurs urbains à courant interrompu, les vitesses réelles étant de 56 à 64 km/heure et les vitesses moyennes de 48 à 56 km/heure, le volume de circulation correspondant est de 1 500 véhicules/heure par file.

Ces volumes étaient appelés en 1950 capacité pratique rurale et urbaine.

Quand le débit augmente, les vitesses s'uniformisent, et le plus grand volume de circulation s'observe pour une vitesse comprise entre 50 et 65 km/heure (48-56); il est de 2 000 véhicules/heure. C'est ce qu'on appelait en 1950 capacité possible et ce qui s'appelle maintenant «capacité».

La densité atteinte alors est appelée densité critique, car on constate des phénomènes d'instabilité: phénomènes d'accordéon du fait des arrêts de circulation suivis de démarrages.

Dans la nouvelle édition, on ne parle plus de capacité pratique urbaine et rurale mais on distingue des ni-

(1) Les notions correspondantes de capacité pour les voies urbaines avec intersections à niveau sont définies à l'annexe 4.44.

(2) Les chiffres entre parenthèses correspondent à la nouvelle édition.

(3) Moskowitz, K.; Newman: *Notes on Freeway Capacity. Comments on Highway Capacity.* Highway Research Board — 1961.

veaux de service définis par la vitesse réelle et les volumes de trafic correspondants.

Le «Road User Benefit Analyses (Red Book)» complétait la notion de capacité pratique par celle de «types d'exploitation». Le type d'exploitation était normal si le rapport du volume de la trentième heure à la capacité pratique était de 0,75 à 1,25, libre si ce rapport était inférieur à 0,75, restrictif s'il était supérieur à 1,25.

En appliquant les coefficients limites aux capacités pratiques rurales et urbaines, on obtient les volumes caractéristiques ci-après:

- 750 rural : type d'exploitation libre
- 1 000 rural : type d'exploitation normal
- 1 125 urbain: type d'exploitation libre
- 1 250 rural : type d'exploitation restrictif
- 1 500 urbain: type d'exploitation normal
- 1 875 urbain: type d'exploitation restrictif.

Il est à noter que ces notions de types d'exploitation s'appliquaient principalement aux routes existantes pour la comparaison de leurs coûts d'exploitation.

Quant aux routes nouvelles (pour leurs premières années d'exploitation jusqu'à l'horizon envisagé de vingt à vingt-cinq ans), la règle restait de fixer la capacité pratique égale au volume de la trentième heure, c'est-à-dire de considérer un type d'exploitation normal avec un coefficient égal à 1. Dans le nouveau manuel, on parle de «niveaux de service». Ce sont ceux figurant dans le tableau ci-dessous:

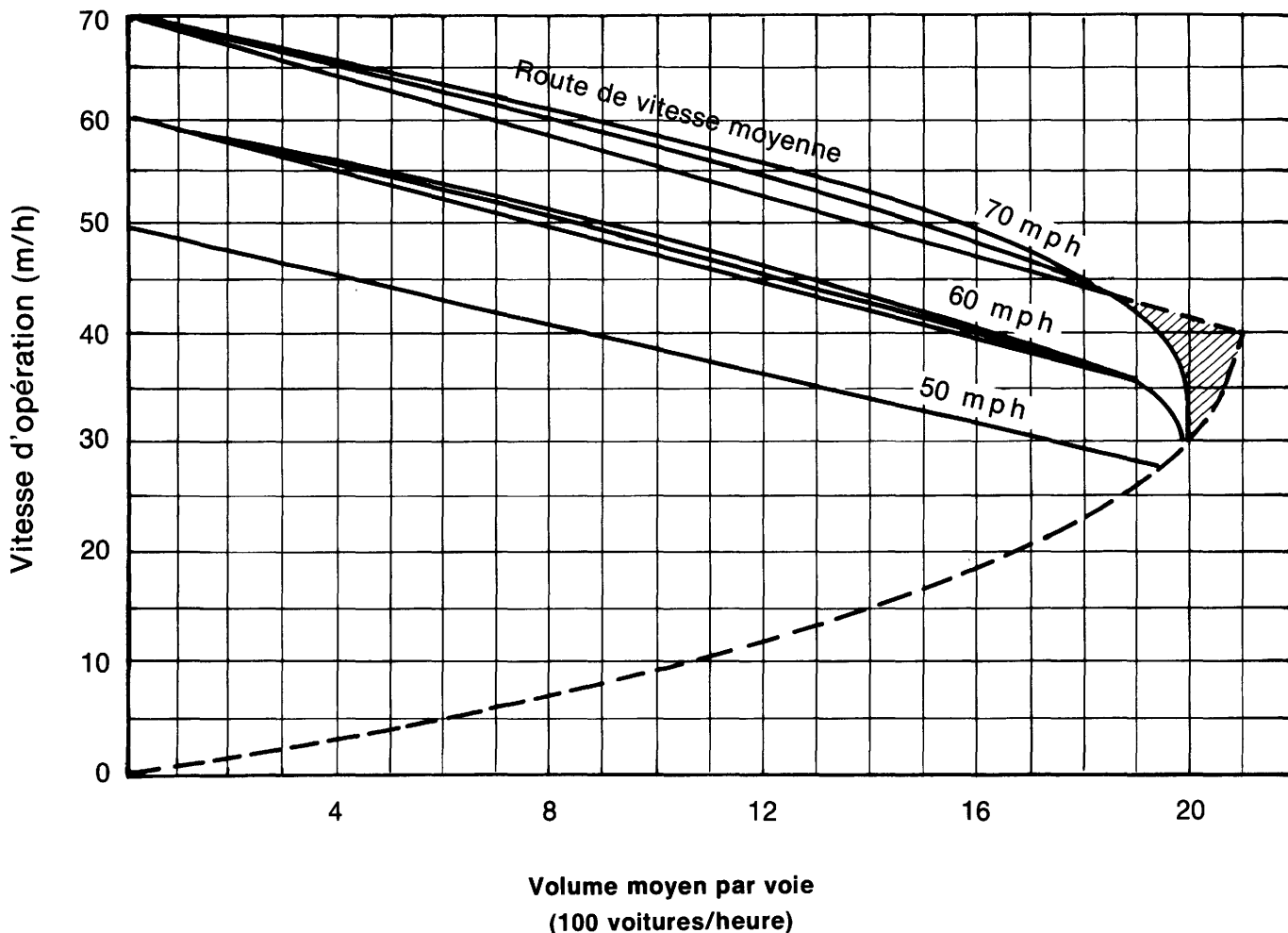
	Vitesse réelle (operation speed)		Volume dans conditions idéales par voie
	miles/heure	km/heure	voitures par heure
A	60	96	700
B	55	88	1 000
C	50	80	1 500
D	40	64	1 800
E	30-35	48-56	2 000
F	30	48	très variable

Les niveaux de service B et C sont les équivalents des anciennes notions de capacité pratique urbaine et rurale; le niveau E correspond à l'ancienne notion de capacité possible, qu'on désigne maintenant simplement sous le nom de «capacité». Le niveau A est un niveau d'excellent service puisque l'écart entre véhicules est supérieur à 5 secondes.

En ce qui concerne le principe de la trentième heure, le nouveau manuel indique que la trentième heure doit être considérée comme un indicateur moins rigide que ne l'ont considéré dans le passé un certain nombre de projecteurs. Cela signifie qu'un certain nombre de facteurs économiques et opérationnels doivent être pris en considération avant qu'on détermine les critères définitifs d'un projet dans une région donnée.

Cependant, le fait reste qu'après considération de ces autres facteurs, le résultat se tiendra en général dans le voisinage du critère de la trentième heure.

## CAPACITÉ DE L'AUTOROUTE



Relations spécifiques entre le volume par voie et la vitesse d'opération dans un sens dans des conditions de circulation idéales et ininterrompues sur les autoroutes et les voies rapides.

Figure 4.42a

Il reste également que le réseau américain actuel construit depuis 1950 a été conçu sur ces bases et a pu être financé moyennant un niveau modéré des taxes spécifiques.

Les charges financières correspondant au réseau américain le plus coûteux, c'est-à-dire au réseau autoroutier urbain inter-États, se montent à 2 cents par véhicule-mile, c'est-à-dire 6,25 centimes par véhicule-km.

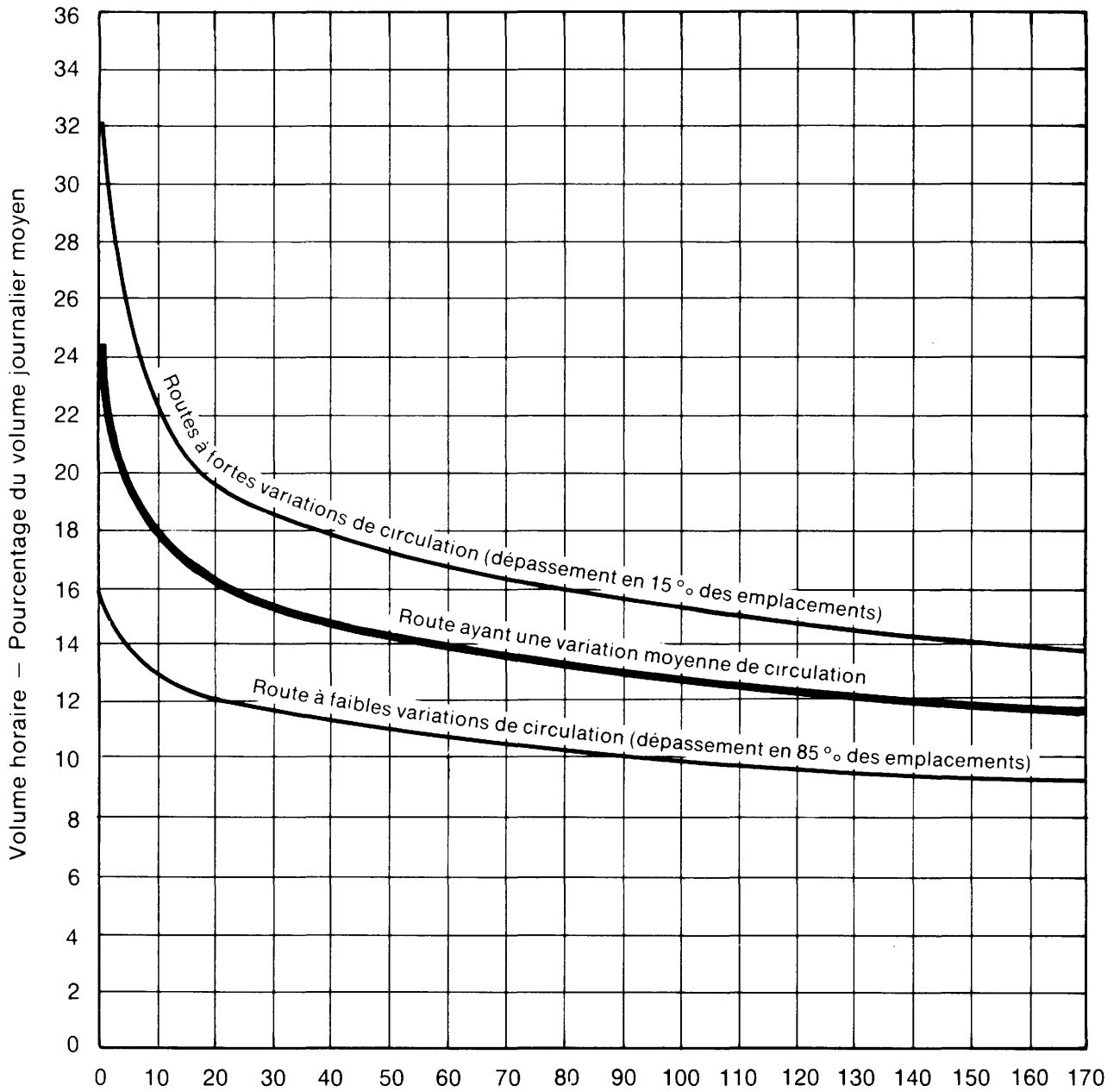
A première vue, les considérations économiques sommaires données dans le «Highway Capacity Manual» pour justifier le critère de la trentième heure paraissent légères. Plus précisément, elles démontrent clairement qu'il ne faut pas adopter un critère plus large, mais ne donnent pas de raisons convaincantes d'éliminer un critère plus restrictif.

Nous avons vu cependant à l'annexe 4.14 qu'une ana-

lyse plus poussée basée sur la théorie de la congestion donne, dans des cas assez étendus, une justification économique de ce critère.

Ici nous nous bornerons aux considérations suivantes: a) Déjà au-delà de 1 800 véhicules/heure par voie, et à plus forte raison quand on atteint la capacité de 2 000 véhicules/heure par voie, des phénomènes d'instabilité s'observent dans le courant de circulation; qu'un seul véhicule ralentisse pour une cause fortuite au-dessous de la vitesse d'opération correspondant au débit de 2 000 véhicules/heure, vitesse qui, dans des conditions moyennes, est de l'ordre de 60 kilomètres/heure et par exemple à 30 kilomètres/heure, la courbe basse de la figure 4.42a<sup>(1)</sup> montre que le débit descend au-dessous

<sup>(1)</sup> Fig. 3-38 du nouveau *Highway Capacity Manual* (cf. fig. 5 de l'ancien).



**Nombre d'heures par an pendant lesquelles la circulation est plus grande que celle indiquée**

*Relation entre le volume horaire de pointe et le volume journalier moyen d'une année, pour des routes en rase campagne.*

Figure 4.42b

de 1 650 véhicules/heure. Si le débit d'arrivée se maintient à 1 800 véhicules/heure, un certain nombre de véhicules s'arrêteront.

On sait qu'au moment du démarrage l'intervalle moyen entre véhicules est compris entre 2 secondes et 2,4 secondes, ce qui correspond à un débit par voie, pour des véhicules démarrant après un arrêt, compris entre 1 500 et 1 800 véhicules/heure.

En se fixant une capacité pratique de 1 500 véhicules/heure égale au volume de la trentième heure, on réduit à trente heures par an la période où des phénomènes d'instabilité tels que ceux décrits ci-dessus pourront apparaître.

Le volume de la première heure étant, d'après la figure 4.42b<sup>(1)</sup>, en excès sur le volume de la trentième heure d'un pourcentage compris entre 33 et 77 %, et de 66 % pour les cas moyens, on voit qu'en l'absence de taxe de congestion, le volume de la première heure atteindrait la capacité de 2 000 véhicules/heure dans le cas le plus favorable et la dépasserait de 25 % dans le cas moyen et de 30 % dans le cas extrême.

La conclusion est que l'idéal est de fixer la capacité pratique à 1 000 véhicules/heure et que le niveau de service de 1 500 véhicules/heure peut donner lieu quelques heures par an à des phénomènes de congestion très accusés.

b) La deuxième considération que nous évoquerons maintenant est celle de l'exigence de qualité du service provenant des usagers.

Sur l'autoroute Sud de Paris, tronçon commun, que l'on peut considérer comme une autoroute urbaine, la capacité pratique de 1 500 véhicules/heure a été dépassée dans le sens province-Paris pendant trente heures en 1962 et soixante heures en 1964. Dans le sens Paris-province, cette même capacité a été atteinte ou dépassée en 1964 pendant trente heures. Pour le sens province Paris, en 1964, un volume de 1 800 véhicules/heure a été dépassé pendant trente heures. Ces niveaux de service sont considérés comme nettement insuffisants par les usagers. Il est certain que les usagers exigent un niveau de service élevé et ceci sans se préoccuper des conséquences économiques d'une telle exigence.

Si, en simplifiant le problème, on confond la capacité pratique avec la «capacité» dans le sens donné à ce mot par les économistes, et si on appelle défaillance du système les cas où cette capacité est dépassée, le critère de la trentième heure revient à imposer une probabilité de défaillance inférieure à 3 % en temps, ce qui correspond à peu près à 3 % en volume.

Il s'agit là d'exigences rigoureuses mais dont une justification économique peut être trouvée<sup>(2)</sup> comme on le voit dans l'annexe 4.14, une justification pragmatique étant l'existence du réseau américain établi suivant ce critère.

Cette tendance à une qualité de service de plus en plus

élevée (et qui est liée à l'augmentation progressive de la valeur du temps avec le niveau de vie) est une caractéristique de l'évolution constatée au cours des dernières années. Les calculs de l'annexe 4.14 en analysent le mécanisme.

Réaliser des diminutions de largeur sur les ponts, construire des ponts ou des passages à niveau perpendiculaires à la rivière ou à la voie ferrée, tout cela constituait autrefois, à n'en pas douter, des solutions correspondant à des considérations économiques. Ces considérations sont néanmoins actuellement dépassées. Le principe de l'homogénéité des tracés répond à l'exigence par les usagers d'une qualité de service constante et forcément supérieure à celle que donneraient des considérations économiques qui ignoreraient cette contrainte d'homogénéité.

La théorie que nous avons développée dans l'annexe 4.14 montre qu'à première vue, un ouvrage coûtant neuf fois plus cher qu'un ouvrage courant devrait recevoir une densité de circulation trois fois plus élevée que l'ouvrage courant. Cependant, l'usager n'acceptera pas volontiers qu'un ouvrage à prix kilométrique plus élevé que la moyenne, comme le pont de Narrows ou le tunnel sous la Manche par exemple, soit congestionné deux cents à trois cents heures par an, alors que le chiffre considéré comme supportable pour un ouvrage courant est seulement de trente heures.

Revenons maintenant aux considérations développées à l'alinéa a) page 65: l'instabilité que nous signalons dans cet alinéa, lorsque la capacité de 1 500 véhicules/heure est dépassée, est visible sur le graphique 4.42 c, extrait d'un article de Mothe<sup>(3)</sup>.

Le nombre de cas où des arrêts correspondent au blocage de la circulation est important pour les volumes dépassant 1 500 véhicules/heure. On constate déjà de tels cas à 1 200 véhicules/heure.

On voit également sur ce graphique que des débits dépassant de 22 % la capacité de 2 000 véhicules/heure ont été constatés.

La superposition à ce graphique d'une courbe moyenne vitesse-débit tirée du nouveau «Highway Capacity Manual» montre que, sur l'autoroute considérée, il y a de nombreux couples vitesse-débit qu'on peut considérer comme tout à fait anormaux. Une analyse plus détaillée montre que ces couples vitesse-débit ne peuvent être atteints que parce que les automobilistes prennent des risques excessifs en réduisant leur intervalles au-dessous d'un minimum de sécurité, ce qui entraîne de nombreux accidents et notamment des accidents en chaîne

Forchheimer<sup>(4)</sup> s'exprime comme suit à ce sujet:

«Il est clair que des combinaisons de vitesses et de

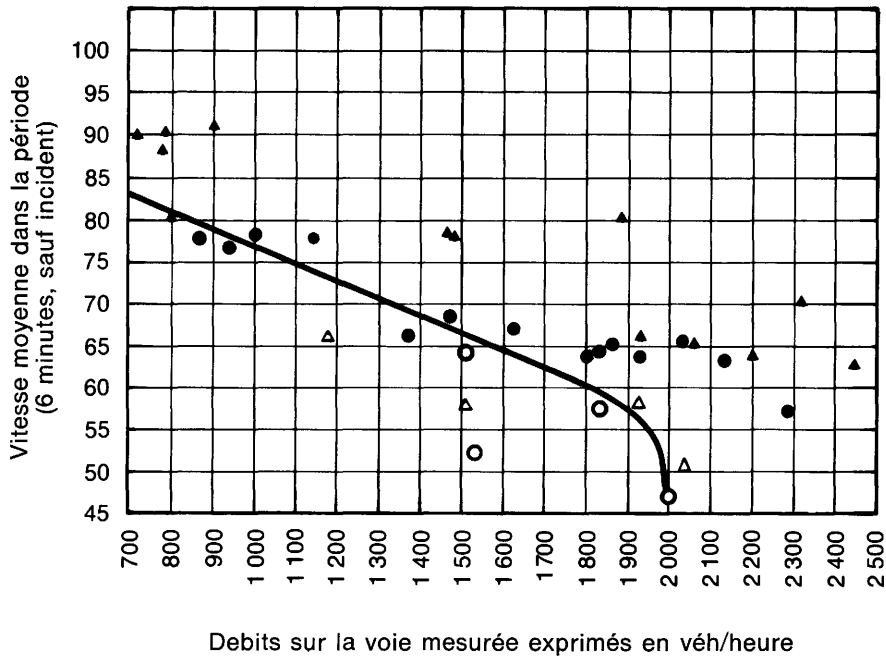
<sup>(1)</sup> Fig. 50 du *Highway Capacity Manual*, édition 1950.

<sup>(2)</sup> Tout au moins pour les taux d'intérêt pratiqués aux Etats-Unis et pour des coûts kilométriques relativement modérés.

<sup>(3)</sup> Mothe, P.: «Accidents occurring in Homeward Traffic on Sundays on the Paris Autoroute de l'Ouest.» *International Road Safety and Traffic Review* — Vol. VIII, n° 4 — Autumn 1960.

<sup>(4)</sup> Forchheimer, M.: «Single Lane saturated flow starting performance.» *Second International Symposium on the Theory of Traffic Flow*. London, 1963 — OCDE.

**VITESSES MESUREES SUR 6 MINUTES ET DEBITS CORRESPONDANTS  
SUR UNE VOIE «SENS RENTREE SUR PARIS»**



- Voie centrale (○ Mesures écourtées)
- ▲ Voie de gauche (△ Mesures écourtées)

Figure 4.42c

volumes de circulation de ce genre entraînent des conditions d'écoulement du trafic qui doivent être considérées comme dangereuses ».

L'existence de ces couples anormaux vitesse-débit avec des débits dépassant la capacité doit être considérée non pas comme une justification du dépassement des capacités pratiques, mais au contraire comme une raison supplémentaire de respecter l'esprit du critère de la trentième heure, puisque tout dépassement des chiffres imposés par ce critère conduit à des phénomènes d'instabilité, et à une insécurité considérablement accrue pendant une période trop étendue.

La notion de saturation économique est donc une notion complexe. On peut considérer à la suite des Américains qu'il existe un seuil de saturation au-delà duquel la qualité du service décroît brusquement, et la probabilité de dépasser ce seuil doit être réduite; mais au-dessous de ce seuil, il existe un degré de congestion variant continûment jusqu'à zéro pour un trafic nul. Dans cet intervalle, il est possible, suivant la théorie du « Road Pricing », de calculer une taxe de congestion telle que son application permette, en théorie tout au moins, d'obtenir la qualité de service optimum, compte tenu de la demande de trafic.

La théorie du « Road Pricing » ne permet pas de calculer

le péage de congestion au-delà du niveau de saturation.

Les heures au cours desquelles le niveau de saturation est dépassé sont d'ailleurs peu nombreuses (moins de trente par an en principe). On ne peut pas percevoir un péage spécial pendant ces périodes qui ne peuvent pas être prédites d'une manière certaine. Le péage calculé pour cette période particulière devra être pondéré avec les péages calculés suivant la théorie de la congestion pour les autres périodes élémentaires constituant la période totale à laquelle est appliqué le péage de pointe. Autrement dit, le péage de congestion uniforme perçu pendant la tranche de trafic de pointe (la tranche n° 3 du chapitre 9.1) est le résultat de la pondération des péages de congestion calculés suivant la théorie du « Road Pricing » pour les périodes où celle-ci est applicable et d'un péage calculé différemment pour la courte période où celle-ci ne s'applique pas. Ce dernier pourrait être choisi conventionnellement soit en extrapolant des courbes vitesse-débit par des courbes tournant leur concavité vers le bas, soit en appliquant la loi de l'offre et de la demande. De toute façon, la correction serait très faible<sup>(1)</sup> et ce qui précède n'a guère qu'un

<sup>(1)</sup> Sauf dans le cas étudié dans l'annexe 4.14 dans le domaine des degrés de congestion élevés.

intérêt théorique. Les choses peuvent être traitées beaucoup plus simplement en pratique, comme on le verra au chapitre 9.1.

#### 4.43 Capacité des infrastructures et capacité industrielle

La définition de la capacité ou du niveau de saturation et plus encore celle d'un niveau de saturation économique ne sont pas faciles en matière d'infrastructure routière, car les analogies avec les problèmes industriels, qu'ont surtout étudiés les économistes, ne sont pas évidentes et sont parfois trompeuses.

En matière industrielle, la qualité de fabrication ne diminue pas lorsqu'on travaille à la limite de capacité (sous la réserve cependant que les délais de livraison peuvent augmenter). Pour les infrastructures routières, la diminution de la qualité du service, à côté de ses inconvénients, présente l'avantage d'une certaine souplesse dont malheureusement les pouvoirs publics profitent trop souvent pour retarder la création de nouvelles capacités alors que dans l'industrie, si l'excès de demande paraît devoir être permanent, la pression de la demande et le stimulant de la concurrence conduisent l'industriel à créer des capacités supplémentaires qui sont en général bénéficiaires. En réalité, sous réserve des possibilités de stockage, l'industriel fixera en général les capacités à un niveau quelque peu supérieur à la demande, la marge étant calculée de manière que les attentes des clients restent modérées, en cas de fluctuation aléatoire de la demande autour de sa valeur moyenne.

Le problème n'est pas très différent de celui du voyageur de Calais; la solution en est donnée notamment par Feller<sup>(1)</sup> et l'on s'aperçoit dans ce cas qu'un léger excès de capacité suffit à réduire la probabilité de défaillance à un niveau très acceptable. Dans le cas du voyageur de Calais, il existe une possibilité d'ajustement saisonnier de la capacité.

Le problème de la capacité routière est tout différent des précédents; il tient essentiellement aux variations saisonnières ou horaires et à l'impossibilité d'ajuster la capacité à ces variations.

La qualité du service<sup>(2)</sup> diminue lentement quand le trafic augmente jusqu'à un certain niveau à partir duquel l'aggravation des conditions de service s'accroît brusquement. Cependant, le service continue à pouvoir être assuré tant bien que mal pour des volumes de circulation dépassant de plus de 50% le niveau de la capacité conventionnelle.

Malgré les différences que nous venons de souligner, il demeure que, comme dans l'industrie, un niveau de congestion très élevé ne doit pas être interprété comme la justification de péages élevés, mais comme une incitation à rechercher s'il n'y a pas de sous-développement

(1) Feller, William: *An Introduction to Probability Theory and its Applications* — Second edition. Volume I, John Wiley & Sons, Inc., New York.

(2) Les péages de congestion, on l'a vu, optimisent la qualité du service pour une demande donnée.

des investissements. En ville, il peut aussi bien s'agir d'infrastructures de transports en commun, de voies express que de construction de parkings.

#### 4.5 RECHERCHES SUR L'OPTIMUM ÉCONOMIQUE SOUS CONTRAINTE D'ÉQUILIBRE BUDGÉTAIRE

La règle de l'unicité des prix en matière de transport n'a pas, à notre avis, un fondement théorique ayant la même solidité que les autres conditions de l'optimum économique énoncées dans le Rapport Allais. En effet, les dépenses de transport, investissements compris, ont une structure concave qui met en échec les démonstrations que l'on donne de cette règle<sup>(3)</sup>.

##### Tarifs binômes

Les auteurs du Rapport Allais admettent d'ailleurs la légitimité de tarifs binômes (dont le terme proportionnel est égal au péage économique, le terme fixe établissant l'équilibre budgétaire). Ayant eux-mêmes une structure concave, ces tarifs sont donc parfaitement adaptés à la structure concave des dépenses de transport. Or, un tarif binôme correspond à une infinité de prix suivant le niveau de la demande de l'utilisateur; la structure actuelle des taxes a d'ailleurs la même structure binôme, si on considère la taxe sur l'essence et les licences, et plus complexe encore, si on y ajoute la troisième source principale de ressources des budgets routiers constituée par l'impôt foncier des collectivités locales et d'autres impôts sur les rentes.

##### Péages d'équilibre

La suppression des pertes économiques (très surestimées d'ailleurs) impliquées par l'équilibre budgétaire pourrait donc être obtenue par des tarifs d'abonnement (tarifs binômes)<sup>(4)</sup>; mais comme, d'une part, les tarifs d'abonnement ne doivent pas être validés à la pointe, et comme, d'autre part, ils ne peuvent pas être obligatoires, le problème reste entier et il y a lieu d'examiner les conditions à observer pour que l'application d'un péage d'équilibre s'ajoutant au péage économique conduise aux pertes économiques minimums.

La détermination de l'optimum économique sous la condition d'équilibre budgétaire donne lieu à un calcul classique qui est indiqué dans l'annexe 4.51.

La théorie développée dans la première partie de l'annexe 4.51 s'applique au cas où le péage pur est nul.

La théorie de la congestion impliquant l'existence de péages purs non nuls pendant la quasi-totalité de la

(3) Dans le cas où la théorie du concurrent s'applique et où il s'agit d'un concurrent non capitalistique, il y a à la fois unicité de prix et équilibre budgétaire, et cet équilibre budgétaire n'entraîne aucune perte économique (annexe 4.11) puisque dans ce cas l'équilibre budgétaire n'est pas une contrainte surajoutée, mais une conséquence de l'optimum.

(4) Voir introduction, paragraphe 1.3, citations des paragraphes 23.30 et 11.5 du Rapport Allais.

durée de l'utilisation de la voie (à l'exception des heures creuses pendant lesquelles, si on maintient une taxe sur l'essence, il devrait y avoir théoriquement perception d'un péage négatif), il y avait place pour une théorie du péage d'équilibre dans de telles conditions, théorie qui fait l'objet de l'annexe 4.51, paragraphe 4.51.3.

Les principaux résultats établis dans cette annexe ainsi que dans l'annexe 4.52 sont les suivants: les péages correspondant à la recette maximum (élasticité - 1) conduisent à des pertes économiques modérées; mais si les conditions d'équilibre budgétaire permettent de pratiquer des péages inférieurs, les pertes économiques diminuent comme le carré de l'élasticité et sont très faibles pour des élasticités de l'ordre de 0,2. Les pertes économiques sont encore plus faibles si l'on tient compte de la théorie du « Road Pricing »; ce sera le cas pour une société autoroutière qui disposera de ressources provenant des péages de congestion et de l'allocation de taxe sur l'essence que nous proposons au chapitre 8.1. A l'optimum, les péages des différentes natures de trafic doivent être fixés de manière que l'on se trouve sur les courbes de demande en des points d'égale élasticité. Cette règle s'applique également quand on veut assurer l'équilibre budgétaire au moyen de péages, taxes et redevances divers.

L'analyse poursuivie dans l'annexe 4.51 a montré que l'optimum sous contrainte d'équilibre budgétaire comportait l'application d'un péage constant. L'annexe 4.53 montre que ceci implique un déficit pendant les premières années: la première année, les recettes permettent de payer les intérêts mais non l'amortissement de l'investissement; pour un intérêt de 7%, le déficit se prolonge jusqu'à la quatorzième année. Les méthodes américaines d'amortissement avec annuités croissantes se rapprochent de l'optimum beaucoup plus que les méthodes européennes à annuités constantes, mais sans l'atteindre évidemment.

Bien entendu, le déficit des premières années serait encore plus grand si l'on n'imposait pas la condition de péages constants. L'annexe 4.53 montre que, dans le cas d'un trafic croissant et d'une suite d'ouvrages identiques construits pour satisfaire à cette demande de trafic, il existe un trafic de rentabilité  $R$  inférieur à la capacité de l'ouvrage  $S$  et que l'on ne construit un second ouvrage que lorsque le trafic atteint  $R + S$ , c'est-à-dire lorsque la capacité du premier ouvrage est dépassée de  $R$ . L'ouvrage travaille donc pendant les premières années de son existence en deçà de la saturation et pendant les années qui précèdent le doublement de l'ouvrage au-delà de celle-ci. Ceci implique un déficit budgétaire pendant les premières années et un certain degré de congestion pendant les années précédant la construction d'un nouvel ouvrage, et ceci dans l'hypothèse de péages constants. Si l'on appliquait la théorie des péages économiques, le déséquilibre serait encore plus grand puisque les péages seraient nuls pendant les premières années (faibles si l'on appliquait la théorie du « Road Pricing »).

#### 4.6 VUE D'ENSEMBLE SUR LA PREMIÈRE PARTIE (CHAPITRES 2, 3 ET 4)

Le moment nous paraît venu de jeter un regard en arrière et de résumer ici les principaux résultats dégagés dans les chapitres précédents.

L'importance de l'impôt foncier pour le financement des infrastructures des réseaux urbains et des réseaux ruraux a été soulignée ainsi que la possibilité de taux plus élevés que ceux pratiqués actuellement en Europe (États-Unis, 1,7% en moyenne; Israël, 3%) (2.13).

Un impôt foncier constamment revalorisé (États-Unis) est le système le plus pratique de récupération des plus-values (2.13).

Grâce à la constitution d'organismes dotés de l'autonomie financière, l'Italie a réalisé dans un temps record un important programme autoroutier. Les pourcentages de stimulation constatés donnent à penser que l'évasion de trafic n'est pas très importante (2.21).

L'expérience de Tokyo montre qu'il est possible de percevoir des péages sur les autoroutes urbaines (2.23).

Une justification est donnée de la non-perception des péages autoroutiers aux heures creuses ainsi que de la nécessité du système ouvert de perception si l'on veut pouvoir déperéquer les péages dans le temps (2.31; 3.2).

Il est conclu au rejet des systèmes de perception directe proposés par la commission royale britannique du « Road Pricing » (2.32).

L'incertitude de la valeur du temps et sa croissance avec le niveau de vie (3.1) sont deux éléments importants. Le premier conduit à être prudent dans les calculs de taxes de congestion, qui dépendent de la valeur du temps, le deuxième à ne pas adopter de critères de saturation trop étroits.

Le « Road Pricing » substitue à la notion d'un seuil de saturation fixe celle d'une congestion progressive et légitime la perception des péages en dehors des périodes de congestion accusée. Cette théorie justifie une taxe sur l'essence modérée; elle montre que les pertes économiques sont faibles lorsque l'on s'écarte du niveau des redevances fixé par la théorie (annexe 3.21).

Étant donné la faiblesse de l'élasticité de la demande globale, l'effet visible sur le trafic de l'application de la taxe de congestion sera tout à fait négligeable et annulé par la croissance normale du trafic en trois ans dans une ville comme Paris<sup>(1)</sup>. La même raison fait que les pertes sèches provoquées par l'application d'un péage de congestion différent de l'optimum, ou même nul, sont relativement faibles.

(1) Le pourcentage de ceux qui utilisent leur voiture serait, si l'on appliquait la taxe de congestion calculée suivant ce principe, réduit de 15%. Il passerait donc à Paris de 7,4% à 6,3% l'année de l'application, et atteindrait de nouveau le pourcentage précédent au bout de quelques années.



La théorie des péages économiques n'autorise, si l'on admet les critères américains de saturation, la perception des péages purs que pendant quelques heures par an (moins de trente heures). Cette perception intéresserait moins de 3 % du trafic (4.4).

Les péages de coût n'ont de valeur appréciable que pour les poids lourds et sur le réseau routier traditionnel. Ils sont très faibles sur des autoroutes bien dimensionnées pour tout le trafic, y compris le trafic lourd, et, sur le réseau traditionnel, ils sont négligeables pour les voitures de tourisme (3.4).

La théorie présentée dans le paragraphe 3.51.1 montre que les pertes économiques concernant l'application d'une taxe sur l'essence modérée sont faibles. Quand cette théorie est couplée avec celle du « Road Pricing », les pertes calculées sont encore plus faibles (annexe 4.21.1).

Les pertes économiques dues à l'application des licences pour les voitures sont plus importantes (3.51.2); leur caractère forfaitaire a l'inconvénient d'avoir la même action sur la circulation en pointe et hors pointe.

La légitimité économique et la nécessité de la tarification du stationnement sont démontrées (annexe 3.61).

Un exemple est donné de la possibilité pour les municipalités de récupérer des sommes prélevées sur les bénéficiaires des effets externes des autoroutes urbaines (annexe 3.62).

La théorie du concurrent, dans son exposé général (annexe 4.11) et dans son application aux problèmes de la théorie de la congestion, a un certain nombre de conséquences importantes.

Lorsqu'il y a un concurrent, l'équilibre budgétaire peut être réalisé sans pertes économiques. Le voyageur marginal tient compte de la différence des tarifs; il en résulte qu'en se contentant d'agir sur la différence des tarifs on obtient l'essentiel des résultats qu'on obtiendrait par une tarification plus rigoureusement conforme à la théorie des péages économiques. Ce résultat a son application dans des domaines variés; péages d'équilibre budgétaire, ajustement de la différence entre les tarifs métro et les tarifs autobus, différenciation des péages de pointe et hors pointe<sup>(1)</sup>.

Cette théorie établit la connexion entre les taxes de stationnement et les taxes de congestion, qui sont dans une certaine mesure substituables, et montre que les taxes de congestion ne pourront pas atteindre un niveau très élevé tant que la vérité des prix ne sera pas rétablie pour les transports en commun concurrents.

L'annexe 4.14 est une tentative de détermination de la largeur optimum des chaussées par application de la théorie de la congestion. Les résultats directs de la théorie n'ont qu'une valeur illustrative en raison de l'incertitude sur les valeurs à appliquer pour le temps et pour le taux d'intérêt<sup>(2)</sup>. Par contre, les conséquences

indirectes que nous en tirons ont une signification très importante: avec l'augmentation du niveau de vie et, donc, de la valeur du temps, les exigences des usagers deviendront de plus en plus sévères; des chaussées jugées maintenant suffisantes ne le seront plus à trafic égal dans vingt ans. Un péage d'équilibre fixe ou même variant avec le niveau des prix à la consommation rebuttera de moins en moins d'usagers au fur et à mesure que le niveau de vie de ceux-ci s'élèvera.

Les données numériques obtenues en 4.2, couplées avec l'étude théorique de 4.5, montrent que les pertes sèches entraînées par la contrainte d'équilibre budgétaire sont faibles. Elles le sont encore plus si l'on tient compte de la théorie de la congestion (annexe 4.21.1). On peut les considérer comme nulles dans certains cas, lorsque l'on suit la théorie du concurrent dans toutes ses conséquences. C'est ainsi que nous arrivons en 4.5 à une véritable réhabilitation économique de la condition d'équilibre budgétaire.

Le mal de congestion dont souffrent les villes n'est pas inéluctable. Il est évitable avec une motorisation intégrale des déplacements domicile-travail dans les villes nouvelles et, dans les villes anciennes, il n'est pas incurable, à condition de limiter la motorisation des déplacements vers le centre. La motorisation intégrale des déplacements domicile-travail pour les relations périphériques est possible et à assez peu de frais.

Les annexes rattachées à ce même chapitre fournissent des résultats très importants. L'annexe 4.32 justifie l'application d'un taux plus élevé de l'impôt foncier dans les villes en expansion. L'annexe 4.33 justifie la création d'un impôt différencié sur l'emploi, d'un taux plus élevé dans les villes congestionnées.

Dans l'annexe 4.34 on démontre que les travaux publics créent des rentes en général égales aux investissements d'infrastructure; ces rentes peuvent être réduites par des péages ou confisquées partiellement par le prélèvement d'impôts tels que l'impôt foncier et l'impôt sur l'emploi, dont l'affectation partielle aux dépenses routières est ainsi légitimée (l'impôt foncier sur le réseau secondaire et les réseaux urbains, l'impôt sur l'emploi dans les villes congestionnées).

L'analyse du problème de la saturation faite en 4.4 montre que la théorie classique des péages économiques ne permettrait de prélever de péages que quelques heures par an sur une route ayant des standards acceptables pour les usagers et justifiés économiquement.

Dès lors qu'on impute à l'impôt foncier ou à l'impôt sur l'emploi les suppléments de dépenses imposés par l'élévation des rentes, les ressources élevées que l'on peut obtenir dans les villes congestionnées par les taxes de congestion ne le sont que parce que le réseau de voirie n'est pas dans une situation optimum. Ces taxes excessives ne sont pas admissibles pour d'autres raisons déjà énumérées. Les taxes urbaines ne doivent en aucun cas conduire à des excédents budgétaires.

D'une part, d'autres ressources peuvent être légitimement utilisées: impôt foncier, patente et impôt sur l'emploi, qui constituent, sous des formes diverses, les

(1) Annexes 4.12 et 4.13.

(2) Et du fait que le modèle ne prend pas en compte l'incidence économique des degrés élevés de congestion, lorsqu'ils se produisent.

méthodes les meilleures de récupération des plus-values sur les rentes. D'autre part, ces ressources, ainsi que celles provenant des usagers doivent être dépensées pour rapprocher la voirie de l'optimum, ce qui ne

laisse pas de place, dans les villes congestionnées, pour des excédents budgétaires qui seraient d'ailleurs économiquement condamnés par la théorie du concurrent.

DEUXIÈME PARTIE

**LES MODALITÉS D'APPLICATION DES SYSTÈMES  
DE TARIFICATION DES INFRASTRUCTURES**



LES ORIENTATIONS PRATIQUES D'UNE TARIFICATION  
POUR L'UTILISATION DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES

5.0 Introduction

Parmi les mesures préconisées par les auteurs du Rapport Allais, il en est un certain nombre qui s'imposent également dans les deux options de l'équilibre budgétaire et des péages économiques; ce sont les mesures de déperéquatation des péages économiques (ou de la fraction du péage total constituant un péage économique) dans le temps et dans l'espace. La déperéquatation des éléments qui permettent de réaliser l'équilibre budgétaire (tels que les péages d'équilibre budgétaire) se justifie en s'inscrivant dans les mesures de décentralisation préconisées par les auteurs du Rapport Allais dans un but d'efficacité mais, comme ceux-ci, nous y trouvons également des justifications économiques (cf. citation du paragraphe 23.32 du Rapport Allais<sup>(1)</sup>).

Par contre, notre conclusion est qu'un autre élément de l'équilibre budgétaire: taxes sur l'essence et licences doit, dans la mesure où ces redevances sont maintenues, être pééréqué non seulement dans le cadre de la nation mais aussi dans celui de la Communauté. C'est le problème de l'harmonisation des taxes. La défiscalisation des recettes spécifiques est préconisée dans le cadre d'un programme de décentralisation consistant dans la création d'organismes décentralisés dotés de l'autonomie financière et soumis à la contrainte d'équilibre budgétaire mais elle peut aussi être envisagée sur un plan non décentralisé et dans le cadre de l'option (dite pragmatique) des péages économiques où l'équilibre budgétaire serait réalisé, globalement, et ceci dans le cadre de la citation du paragraphe 23.32 du Rapport Allais<sup>(2)</sup>.

Nous allons plus loin que les auteurs de ce rapport

(1) « Un compromis possible pourrait être trouvé dans le sens suivant. En dehors des cas pour lesquels des considérations sociales sont déterminantes (tels que les réseaux locaux et l'ensemble des voies de communication dans les régions sous-développées), les investissements d'infrastructure ne seraient effectués que si, en valeur actualisée, la couverture des dépenses d'investissement et de gestion correspondantes pouvait être assurée par des recettes effectives résultant des prix à payer par les utilisateurs de l'infrastructure. Cette règle s'écarte des critères d'investissement correspondant à une allocation optimum des ressources principalement en ce qu'elle néglige toutes les rentes psychologiques qu'il est impossible de récupérer par les prix. Certes, en tant que critère opérationnel pour l'investissement, elle est loin d'être complète, mais elle comporte un avantage, c'est que la recette directe est une mesure plus objective et moins arbitraire en pratique que la valeur psychologique totale, qui englobe des rentes psychologiques qu'il est difficile d'évaluer avec précision. »

(2) « En imposant la condition d'équilibre budgétaire à l'infrastructure, on peut réaliser l'affranchissement, souhaitable d'un point de vue économique, des investissements d'infrastructure des contraintes du budget, tout en faisant obstacle, au moins dans une certaine mesure, à l'action des groupes d'intérêt. »

puisque nous proposons en outre une défiscalisation partielle des impôts fonciers et de l'impôt sur l'emploi (dans la mesure où ces impôts sont des moyens de récupération des rentes). Ceci permet notamment de soumettre le réseau de voirie locale à la condition d'équilibre budgétaire. Il est possible en outre d'obtenir ainsi un critère d'investissement plus proche de l'optimum économique que lorsqu'on base l'équilibre budgétaire seulement sur les recettes provenant des usagers, comme le font les auteurs du Rapport Allais<sup>(2)</sup>.

5.1 DÉFISCALISATION ET HARMONISATION  
DES RECETTES SPÉCIFIQUES

Le problème de la défiscalisation des taxes spécifiques est particulièrement délicat puisqu'il comporte pour l'ingénieur ou l'économiste des transports qui tente de le traiter une véritable intrusion dans un domaine qui est actuellement un domaine fiscal. Il est évident qu'un tel problème ne peut être étudié d'une manière complète qu'à l'intérieur d'une commission spéciale — comme le proposait, en 1962, le Comité fiscal et financier de la CEE — commission dans laquelle devraient être réunis experts fiscaux et financiers et spécialistes de l'économie des transports.

Le problème de la défiscalisation n'est pas d'ailleurs seul en cause; celui de l'harmonisation de ces taxes parmi les pays membres est également très important et ne peut être dissocié du précédent.

Aux paragraphes 31.33 et 31.42, les auteurs du Rapport Allais évoquent la défiscalisation à l'occasion de l'étude du système d'équilibre budgétaire. Mais l'intérêt de la défiscalisation est plus général (cf. citation du paragraphe 23.32 de ce rapport au paragraphe 1.3 de l'introduction, page 10).

La défiscalisation des recettes permettra de donner aux organismes de construction des structures proches de celles des sociétés privées ou des grandes entreprises nationalisées et notamment l'autonomie budgétaire, donc le stimulant principal qui conduit à la minimisation des coûts. Elle conduirait donc à une large décentralisation. Elle permettrait aussi de s'affranchir des règles de l'annualité et de l'unité des budgets qui s'opposent à l'établissement de programmes à long terme et qui conduisent souvent à l'arrêt de chantiers commencés, ce qui entraîne des retards et de lourdes pertes économiques.

Enfin, elle permettra de mettre fin au sous-investissement en matière d'infrastructure routière — comme le montre l'exemple des États-Unis où le principe sinon de la défiscalisation du moins de l'affectation de la fiscalité spécifique aux dépenses routières est en pratique universellement admis.

Aux États-Unis, en 1964, 8,2% seulement du produit des taxes sur les carburants étaient détournés des budgets routiers, sept États seulement détournant un pourcentage supérieur à 15%.

Depuis 1928, le détournement n'a jamais dépassé 15,5% du montant total des taxes<sup>(1)</sup>. Vingt-huit États ont adopté des amendements à la Constitution interdisant ce détournement.

Il est évident que cette mesure rencontrera de fortes résistances de la part des adversaires de la décentralisation, des partisans de l'annualité et de l'unité budgétaires et de ceux qui sont responsables volontairement ou non du sous-investissement routier.

Elle recevra par contre l'appui des usagers de la route dont la force politique croîtra avec la démocratisation de l'usage de l'automobile qui rend de moins en moins fondée l'assimilation des taxes spécifiques sur l'automobile à une taxe de luxe.

Le Comité fiscal et financier de la CEE en 1962 exprimait l'opinion qu'il y avait lieu d'étudier le problème «si ou jusqu'à quel degré» une harmonisation internationale des impôts sur les huiles minérales pourrait impliquer un changement de la politique que les États membres avaient suivie jusqu'à présent en matière de financement des travaux routiers. Il affirmait en outre qu'une harmonisation très large aussi bien qualitative que quantitative des taxes et impôts sur les huiles minérales des pays membres est un impératif urgent.

Il paraît naturel, en fonction des arguments développés en 3.51.1, que l'harmonisation de la taxe des six pays se fasse sur le niveau actuel correspondant aux pertes économiques les plus faibles, c'est-à-dire le plus bas, donc celui des Pays-Bas. Pour fixer les idées, nous retiendrons le chiffre de 35 centimes/litre. Lors d'une première phase, pour ménager les transitions, la défiscalisation ne serait que partielle: 23 puis 30 centimes seraient défiscalisés, la différence restant acquise aux budgets généraux des États.

La deuxième phase consisterait dans une défiscalisation totale, le niveau étant fixé en fonction des impératifs budgétaires et étant vraisemblablement de l'ordre de 35 centimes<sup>(2)</sup>.

Le choix d'un niveau voisin du niveau néerlandais, c'est-à-dire d'un État qui boucle son budget avec une taxe sur l'essence d'un niveau modéré, aurait une valeur d'exemple pour les États qui ont adopté jusqu'ici des niveaux moins raisonnables, et ils ne pourront y opposer d'objections sérieuses à condition que les transitions soient ménagées. Pour les taxes sur les voitures (achat ou licences), que nous proposons de supprimer complètement en deuxième phase (cf. 8.3), nous ne pensons pas que l'urgence soit la même. Dans un pays comme la France où le parc est sous-

employé, il y aura intérêt à maintenir ces taxes le plus longtemps possible tant que la réduction de la taxe sur l'essence ne sera pas complète. En France et, à un moindre degré, en Italie, le phénomène de diffusion est très marqué et la possession de l'automobile s'étend à des catégories sociales dont les revenus sont insuffisants pour que la voiture soit utilisée pleinement, d'où un kilométrage annuel anormalement bas. La suppression de la taxe d'achat avant la fin du processus de réduction de la taxe sur l'essence ne ferait qu'accroître les inconvénients de cette situation qui ne correspond pas à une allocation optimum des ressources.

La question de la défiscalisation des licences poids lourds sera traitée en 8.2.

Les objections opposées à l'harmonisation et à la défiscalisation des taxes perdront beaucoup de leur force au fur et à mesure que s'opérera l'harmonisation dans les autres domaines fiscaux. La création de nouveaux impôts sur les rentes et l'augmentation des impôts existants, que nous justifions notamment dans les annexes 4.32 et 4.33, contribueront à faire admettre plus facilement la réforme proposée et à la mener jusqu'à son terme.

La progression de la défiscalisation sera modulée sur la création des ressources nouvelles remplaçant les recettes désaffectées. La défiscalisation serait inopérante si des organismes planificateurs centralisés rationnaient le volume des emprunts susceptibles d'être contractés par les organismes routiers. Ceux-ci devront notamment être libres d'emprunter à l'étranger.

La défiscalisation que nous proposons ne s'applique bien entendu qu'à la partie des impôts spécifiques qui n'est pas conforme au droit commun.

Il est tout à fait normal que soient maintenus au profit des budgets généraux les droits de douane ainsi que la taxe à la valeur ajoutée pour l'essence, et pour les voitures une taxe d'achat du même ordre de grandeur que celle qui sera admise pour les équipements analogues.

## 5.2 LA DÉPÉRÉQUATION

La situation actuelle comporte dans chaque pays la péréquation des taxes spécifiques. Il n'y a d'exception notable que pour l'impôt foncier.

L'optimum économique impliquerait en théorie une dépéréquation totale dans le temps et dans l'espace des péages économiques.

Nous examinerons dans ce chapitre ce qu'il est possible de faire en pratique dans ce sens, en ce qui concerne aussi bien les péages économiques et les taxes et redevances qu'on peut y substituer que les péages d'équilibre et les taxes et redevances destinés à établir l'équilibre budgétaire.

Notre conclusion est que les taxes sur les carburants et les licences doivent rester péréquées.

Nous indiquons dans quelle mesure nous estimons possible de dépéréquer les autres taxes et redevances et notamment les péages et les vignettes que nous propo-

(1) Automobile Manufacturers Association Inc. *Automobile Facts and Figures*, Detroit, 1965.

(2) A la fin du chapitre 8.1, nous indiquons les raisons pour lesquelles ce chiffre pourrait être réduit de 9% environ.

sons d'adopter en ville en vue de la perception des taxes de congestion.

### 5.21 Péages purs et péages de coût

L'idéal serait de différencier pleinement les péages pour chaque infrastructure individuelle.

On peut même aller plus loin et différencier les péages sur les sections successives d'une infrastructure. Il serait théoriquement possible de placer sur chaque voiture des compteurs de temps actionnés par impulsions, les impulsions variant avec les sections de l'infrastructure. Nous avons indiqué en 2.3 les raisons pour lesquelles nous pensons que cette solution n'est pas praticable.

La déperéquation des péages de coût et des péages purs (ou péages de congestion) est désirable théoriquement. Les seules limites auxquelles est sujette cette déperéquation sont les possibilités pratiques et le coût de la perception.

Le fait que les péages de coût sont quasi nuls là où il serait possible de les percevoir (autoroutes) et qu'il est impossible de les percevoir (à l'occasion du transport) là où ils ne sont pas nuls (c'est-à-dire pour les camions sur les routes ordinaires), entraîne la conséquence qu'aucune des solutions pratiques que l'on peut proposer pour percevoir de tels péages n'est admissible en théorie.

Quant aux péages de congestion, leur perception n'est pratique que sur les voies à accès contrôlés (urbaines ou rurales) sous forme de péages et, dans la voirie des villes congestionnées, sous forme de vignettes (puisque nous excluons les compteurs de temps).

### 5.22 Péages d'équilibre

Le problème de la déperéquation se pose aussi pour les redevances destinées à combler le déficit s'il existe (dépenses d'investissement, d'exploitation et d'entretien diminuées du produit des péages économiques perçus à l'occasion du transport), qu'elles prennent la forme de taxes fiscales ou défiscalisées. D'après les auteurs du Rapport Allais, cette déperéquation n'a pas de fondement économique; elle n'aurait d'autre justification que de permettre de réaliser pour les différents systèmes de transport l'égalisation des conditions de départ et, en outre, de donner aux organismes routiers le stimulant de l'équilibre budgétaire à l'intérieur d'organismes de dimension humaine.

Cette opinion est cependant nuancée par les auteurs du Rapport Allais (voir citation 23.32, pages 6 et 7). On trouve dans le présent rapport d'autres justifications de cette déperéquation, en particulier à l'annexe 4.34; elle a notamment l'intérêt, en faisant intervenir des péages d'équilibre sur les autoroutes, de réduire les transferts des contribuables vers les propriétaires fonciers bénéficiaires de rentes créées par l'autoroute.

### 5.23 Licences

Aucun obstacle pratique ne s'oppose à la déperéquation régionale des licences. Mais la licence, en raison de son caractère forfaitaire, n'empêche pas le conducteur de sortir son véhicule aux heures de pointe. Elle a donc une efficacité économique inférieure à la vignette de congestion et, pour cette raison et d'autres qui sont détaillées au chapitre 8.3 et au paragraphe 3.51.2, nous proposons d'annuler les licences de voiture (et de ne pas différencier régionalement les licences de poids lourds).

Nous excluons ainsi l'idée qui a été exprimée souvent de conserver des licences de voiture en ville en les supprimant à la campagne.

Ce n'est pas en effet le nombre de voitures qu'il faut contrôler mais leurs déplacements, et leurs déplacements seulement lorsqu'on est au voisinage de la saturation. Il n'y a pas lieu de restreindre par exemple les déplacements de nuit en ville mais seulement de limiter par une vignette de congestion à certaines heures les déplacements des voitures et de rationner par les prix l'usage des places de stationnement rares.

### 5.24 Taxe sur les carburants

Il est impossible, pratiquement, de déperéquer régionalement la taxe sur l'essence, sauf dans la mesure des petites différences correspondant au coût de transport de l'essence en vrac: une déperéquation plus importante conduirait, comme les auteurs du «Road Pricing» le soulignent, à des transferts d'essence depuis les zones à taxe réduite vers les zones à taxe élevée. Dans des pays comme la France, où le nombre des résidences secondaires est important, ces transferts seraient encore facilités.

Les arguments précédents s'opposent identiquement à la déperéquation existant actuellement entre les six nations de la Communauté et, à mesure que les voyages d'un pays à l'autre prendront une importance se rapprochant de celle des voyages à l'intérieur d'un même pays, cette déperéquation, cette non-harmonisation considérée comme allant de soi par beaucoup de responsables nationaux, deviendra de moins en moins acceptable.

La déperéquation de la taxe sur l'essence et sur le diesel et des licences dans la mesure où ces taxes sont maintenues doit donc exister non seulement parmi les régions d'une même nation mais aussi parmi les six nations de la Communauté.

La taxe sur l'essence et les licences poids lourds sont calculées, on le verra aux chapitres 8.1 et 8.2, pour réaliser approximativement l'équilibre budgétaire du réseau national non congestionné; mais comme il existe d'autres ressources que la taxe sur l'essence, le diesel et les licences pour les autres réseaux, il reste néanmoins la possibilité, avec des taxes spécifiques peréquées, de déperéquer les conditions dans lesquelles le déficit sera épongé dans les différents réseaux qui sont définis au paragraphe 5.26.1.

## 5.25 Autres taxes

La déperéquatation des taxes de stationnement (annexe 4.31), de l'impôt foncier (7.6) et de l'impôt sur l'emploi (annexe 4.33) ne présente aucune difficulté pratique. On peut dire même que la déperéquatation est inhérente à la nature de ces redevances ou taxes.

## 5.26 Déperéquatation dans l'espace et dans le temps

Conformément aux conclusions du Rapport Allais, le système que nous allons proposer n'est pas véritablement une déperéquatation dans l'espace dans l'acception d'une déperéquatation régionale, mais une déperéquatation suivant différents réseaux, dans lesquels la structure du trafic et le degré de congestion sont à peu près homogènes. Ceci a deux conséquences immédiates :

- a) il n'y aura pas de frontières géographiques entre les zones déperéquées (sauf l'exception des villes);
- b) la déperéquatation dans le temps se rattachant à la notion de congestion, et celle-ci n'intervenant qu'un certain nombre d'heures par jour, et rarement la nuit, il n'y a pas de place, comme nous l'avons déjà indiqué en 5.22, dans nos propositions pour des licences régionales étendues à toutes les heures de la journée, mais au contraire pour des vignettes imposées seulement aux heures de congestion.

### 5.26.1 DÉPÉRÉQUATION DANS L'ESPACE

Nous ne nous écartons pas sensiblement dans ce domaine des suggestions faites dans le Rapport Allais.

La théorie voudrait une déperéquatation à l'infini. La pratique conduit, dans une recherche d'efficacité, à proposer des zones de déperéquatation à l'échelle humaine. Nous distinguerons donc comme dans le Rapport Allais :

- 1° réseaux ruraux de desserte locale, l'unité étant de l'ordre de grandeur du département français et pouvant varier dans chaque État en fonction des structures administratives locales;
- 2° réseau rural de grande communication, l'unité étant de l'ordre du Land allemand et pouvant atteindre les dimensions de l'État lorsque celui-ci n'est pas trop étendu;

- 3° réseaux urbains, l'unité étant la commune urbaine où le groupement de communes.

Le groupe n° 1 ne sera qu'exceptionnellement le siège de congestion.

Tous les éléments congestionnés des réseaux ci-dessus lorsqu'ils présenteront une certaine individualité et une certaine étendue et qu'il conviendra de les doubler, les éléments construits pour les doubler, les éléments à accès contrôlé, seront distraits des organisations territoriales précédentes et constitués en éléments autonomes ou groupés si leurs dimensions sont insuffisantes pour une gestion efficace. L'ensemble de ces éléments sera appelé le quatrième réseau; c'est dans le quatrième réseau et dans le troisième, et exceptionnellement dans le deuxième, sur des parcours limités, que l'on pourrait percevoir des péages de congestion, qui pourront prendre la forme de vignettes plus particulièrement en ville.

La déperéquatation proposée n'est pas totale puisque la taxe sur l'essence réduite comme indiqué en 3.51.1 et en 8.1 ne sera pas déperéquée.

C'est dans le quatrième réseau que la déperéquatation sera le plus poussée puisque chaque infrastructure de quelque importance pourra avoir son autonomie. La déperéquatation sera également poussée dans le troisième réseau où les vignettes de congestion auront des valeurs différentes d'une ville à l'autre.

### 5.26.2 DÉPÉRÉQUATION DANS LE TEMPS

Ce n'est que dans le troisième et dans le quatrième groupes et exceptionnellement dans le deuxième qu'il sera possible d'appliquer une déperéquatation dans le temps, c'est-à-dire des tarifs de pointe, dans le groupe n° 3 au moyen de vignettes et plus rarement de péages; dans le groupe n° 4 par des péages de pointe quand les accès seront contrôlés et de nouveau par des vignettes, dans le cas contraire; dans le deuxième groupe, dans des cas peu nombreux, par des vignettes.

Nous revenons sur ce point en 8.3.

Des variations plus complexes du péage dans le temps peuvent être envisagées, par exemple, suivant qu'il s'agit de jours ouvrables ou non. De même, des variations saisonnières peuvent présenter un intérêt économique.



## ESSAI D'APPLICATION PRAGMATIQUE DU SYSTÈME DES PÉAGES ÉCONOMIQUES

En se reportant à l'annexe 4.51, on constatera que la recherche de l'optimum économique sous la condition d'équilibre budgétaire conduit à l'application de péages constants, donc à un déficit, pendant les premières années d'exploitation (les quatorze premières pour un taux d'intérêt de 7%).

L'équilibre budgétaire avec emprunts n'est donc pas possible année par année même dans ce cas si l'on est obligé d'adopter les techniques d'amortissement à annuités constantes usuelles en Europe.

Il en est ainsi et à plus forte raison dans le cas de l'application des péages économiques puisque, comme on le voit dans la même annexe, la recherche de l'optimum économique conduit à réaliser des infrastructures non saturées à l'origine.

Il en résulte que les péages purs devront être quasi nuls pendant les premières années, ce qui conduit à un déséquilibre budgétaire pendant ces années encore plus accusé que dans le cas précédent.

Dans le cas de l'application du «Road Pricing», le déficit des premières années a évidemment pour contrepartie des excédents dans les dernières années (celles qui précèdent la construction d'un second itinéraire parallèle au premier), excédents dont l'incidence dans les calculs économiques est réduite par l'actualisation mais dont la valeur non actualisée est en fait très élevée. Il en résulte qu'au cours de ces années interviendrait un degré élevé de congestion que ne toléraient pas les usagers.

Dans le cas de l'application du modèle du Professeur Allais (chapitre 3.3), cette situation serait aggravée encore du fait que dans les premières années les péages seraient rigoureusement nuls.

On pourrait parvenir théoriquement à un système cohérent de financement par les péages purs en comblant le déficit des voies nouvelles par des prélèvements sur les recettes de voies plus anciennes congestionnées.

Si on appliquait cette méthode, elle impliquerait comme indiqué ci-dessus des degrés de congestion intolérables pour les usagers. Il faudrait, d'autre part, que ces compensations se fassent par l'entremise d'un organisme central et il nous semble que l'équilibre budgétaire réalisé à un échelon aussi élevé perd tout son avantage et ses vertus de stimulation.

Ces évidences sont obscurcies pour la plupart des théoriciens de la congestion par les sommes considérables que cette théorie semble permettre de percevoir dans les villes et sur les routes congestionnées. Mais ces excédents n'existent que parce qu'on sous-investit dans ces villes et sur ces routes; il s'agirait donc de la part des collectivités qui établiraient de telles taxes sans les affecter immédiatement à la création de nouvelles capa-

cités d'un véritable abus de position dominante, pour ainsi dire. Ces ressources tariraient d'ailleurs lorsque les nouvelles capacités non saturées seraient mises en service, ce qui est le deuxième paradoxe de la théorie des péages économiques.

Le Rapport Allais distingue deux causes de saturation sur un itinéraire existant. Il peut y avoir saturation:

- 1° soit parce que les investissements réalisés jusque-là ont été inférieurs à l'optimum;
- 2° soit parce que l'investissement supplémentaire nécessaire serait trop coûteux par unité de capacité.

Dans le cadre d'une remodelation urbanistique les dépenses de voirie, qui paraissent en valeur absolue exorbitantes, ne représentent qu'une fraction relativement modérée de la dépense totale.

Nous montrons d'ailleurs qu'il est légitime de financer la fraction de ces dépenses qui dépasse ce qu'on peut considérer comme normal par un prélèvement sur les rentes.

Les dépenses à exécuter pour rapprocher les infrastructures de l'optimum sont si considérables dans les grandes villes qu'elles absorbent facilement les recettes de la taxe de congestion.

La limitation du péage à la pointe par celui du concurrent est la barrière qui empêche l'exploitant d'établir des tarifs de monopoleur basés sur la pénurie, qu'il ne serait que trop facile d'organiser délibérément.

Il y a presque toujours un concurrent réel. Dans les cas où il n'existe pas, nous estimons qu'il faut en imaginer un que nous avons appelé concurrent virtuel (annexe 4.11).

L'imposition d'une taxe de congestion supérieure à la taxe optimum conduit à des pertes économiques qui se doublent d'inconvénients psychologiques très graves. En sens inverse, une taxe de congestion moitié de la taxe optimum donne un bénéfice économique égal aux trois quarts du bénéfice maximum.

De là, la justification de taxes de congestion modérées perçues en ville au moyen d'une vignette.

Nous ferons figurer à titre illustratif au chapitre 9.2 un bilan des recettes qu'il serait possible d'obtenir dans un cas particulier (celui de Paris) par l'application abusive des taxes de congestion ainsi qu'une proposition pour l'application modérée que nous préconisons.

La théorie qui aboutirait à fixer des tarifs de dissuasion pendant une grande partie de la journée en offrant pendant cette longue période un service de qualité dégradée doit être rejetée pour les raisons exprimées ci-dessus.

On a vu à l'annexe 4.12 que la fixation des péages de

congestion devait être faite en prenant en considération le transport en commun concurrent. Deux phases sont à considérer: la première avant la remise en ordre des tarifs de transport en commun; la deuxième après. Dans cette deuxième phase, les taxes de congestion seront beaucoup plus élevées si du moins dans l'intervalle des améliorations substantielles de vitesse et de confort ne sont pas intervenues pour les transports en commun (voir annexe 4.12 et chapitre 9.2).

Si on applique les critères américains concernant la capacité correspondant à des niveaux de service jugés acceptables (chapitre 4.4), on sera conduit à un déficit quasi total pour le réseau des routes secondaires et pour le réseau national (autoroutes et routes congestionnées exclues), réseaux appelés, au chapitre 5, réseaux 1 et 2.

Le seul élément de recettes conforme à la théorie des péages économiques est pour ces réseaux le péage de coût des camions. D'après la théorie des péages économiques, les péages purs sur ces deux réseaux seraient nuls; ils seraient quasi nuls si l'on appliquait la théorie du «Road Pricing».

Dans le cas urbain les recettes des péages de congestion pourraient être importantes mais, d'après le point de vue que nous avons exposé précédemment, on ne peut admettre d'excédents budgétaires. Les exemples chiffrés donnés au chapitre 9.2 montrent que les recettes des taxes de congestion d'un taux unitaire modéré permettent de financer des programmes importants.

Dans le cas d'une autoroute, d'après l'exemple chiffré du premier cas du chapitre 9.1, le déficit serait en admettant que le péage d'équilibre ait la valeur minimum, soit 2,64 centimes, de 255 000 FF plus 311 000 FF d'allocation d'essence, soit 566 000 FF, c'est-à-dire 67%. Si on applique la théorie des péages économiques, un péage pur de 10 centimes appliqué à un trafic de 4 500 véhicules/heure pendant 300 heures par an donnerait une recette de 135 000 FF, soit un déficit de 84%.

Rappelons cependant qu'avec des prix kilométriques et des volumes de trafic tels que ceux qui sont cités par

Mohring (annexe 3.21.2), dans le Minnesota, l'équilibre budgétaire est possible en appliquant seulement les péages déduits de la théorie de la congestion<sup>(1)</sup>. Sauf en ville, la théorie des péages économiques, même lorsqu'on l'améliore par la présentation du «Road Pricing», ne permet de financer qu'une fraction des frais d'entretien pour les réseaux 1 et 2 et de l'investissement pour les autoroutes.

La théorie rigoureuse veut que le déficit soit financé uniquement par des impôts neutres. L'impôt foncier peut être reconnu comme un impôt neutre; l'impôt sur l'emploi sous forme de capitation est neutre également et mieux que neutre s'il est différencié dans l'espace.

L'impôt sur l'emploi différencié pourrait produire de fortes recettes dans les villes congestionnées mais non à la campagne car une taxe de base uniforme sur l'emploi ne saurait être affectée uniquement aux travaux routiers et il y aurait bien d'autres parties prenantes.

Il reste la possibilité de compléter les ressources des impôts neutres par un prélèvement sur la taxe sur l'essence; cette éventualité n'est pas conforme à la théorie rigoureuse, mais elle est admise explicitement par les auteurs du Rapport Allais. Nous arrivons ainsi à ce que nous avons appelé dans l'introduction l'application pragmatique de l'option des péages économiques qui se rapproche beaucoup de l'option de l'équilibre budgétaire, dans la forme où nous la retiendrons, les différences étant relevées dans le tableau suivant:

On voit que les différences sont importantes sur le plan de la doctrine mais beaucoup moins en ce qui se rapporte aux implications pratiques concernant le dispositif des taxes et redevances.

Les principales ont trait aux péages d'équilibre sur les autoroutes et à l'autonomie financière. Il semble que les auteurs du Rapport Allais soient en faveur de la défiscalisation des taxes sur l'essence dans le cadre de

<sup>(1)</sup> C'est-à-dire sans qu'il soit nécessaire d'appliquer des péages d'équilibre et d'accorder une allocation de taxe sur l'essence.

	Application pragmatique de la théorie des péages économiques	Propositions de ce rapport dans le cadre de l'équilibre budgétaire
Taxe sur les carburants	défiscalisée pour la partie correspondant aux péages de coût, restant fiscalisée pour le reste ou défiscalisée au profit d'un organisme central	modérée et défiscalisée au profit d'organismes décentralisés
Licences	idem	licences poids lourds maintenues et défiscalisées, licences voitures supprimées
Taxe de congestion	oui	oui — excédents budgétaires non admis
Impôt foncier	oui	oui
Impôt différencié sur l'emploi	dans les villes congestionnées	dans les villes congestionnées
Péages d'équilibre sur les autoroutes	non	oui
Allocation d'essence au profit des organismes routiers, autoroutiers et des villes congestionnées	non, en principe	oui
Autonomie budgétaire des organismes routiers	non <sup>(1)</sup>	oui

<sup>(1)</sup> Car l'autonomie budgétaire sans contrainte d'équilibre budgétaire n'a pas grand sens.

l'hypothèse de péages économiques mais le seul moyen de déterminer le niveau du montant de la partie défiscalisée de la taxe sur l'essence est d'envisager une condition d'équilibre budgétaire au moins globale.

Si l'on admet la défiscalisation de la taxe sur les carburants et des licences, ce ne peut être que pour mettre ces moyens à la disposition d'organismes routiers centralisés ou décentralisés et finalement la différence essentielle<sup>(1)</sup> entre les deux systèmes résiderait dans cette alternative de centralisation ou de décentralisation. Dans la suite de ce rapport, nous ne pensons donc pas qu'il y ait un intérêt à poursuivre l'étude de détail des procédures d'application de la théorie des péages économiques et nous nous bornerons à l'étude des modalités d'application du système de l'équilibre budgétaire dans le cadre d'organismes décentralisés, que nous considé-

rons comme une option plus pratique et en même temps plus riche.

Cependant, la théorie des péages économiques (et celle du «Road Pricing») continueront à nous servir de guide en vue de déterminer la nature et le niveau des taxes, redevances et péages à imposer aux usagers de manière à annuler ou à réduire au minimum les pertes économiques correspondantes sous la contrainte de l'équilibre budgétaire et à déterminer les niveaux différentiels des péages aux différents degrés de congestion.

Dans les ressources constituant les recettes d'un organisme soumis à la contrainte d'équilibre budgétaire, les péages, pour leur fraction calculée suivant la théorie du «Road Pricing», peuvent être considérés comme des péages économiques.

---

<sup>(1)</sup> Sans cependant sous-estimer l'importance de l'impossibilité dans le système des péages économiques de justifier l'utilisation des péages d'équilibre pour boucler le budget des autoroutes quand cela est nécessaire.

**MODALITÉS D'APPLICATION DE L'ÉQUILIBRE BUDGÉTAIRE ET DE L'AUTONOMIE FINANCIÈRE**

**7.0 Introduction**

On a vu que les principales raisons d'adopter l'option de l'équilibre budgétaire étaient :

- 1° que celle-ci réalise l'égalité des conditions de départ entre les différents systèmes de transport ;
- 2° qu'elle donne à l'usager une indication sur le coût des infrastructures et peut agir favorablement sur les décisions d'implantation et s'opposer aux pressions exercées par certains groupes en vue de la réalisation d'infrastructures moins utiles (voir Rapport Allais : paragraphe 23.32) ;
- 3° qu'elle constitue le meilleur moyen, en l'imposant à des organismes décentralisés dotés de l'autonomie financière, de réaliser la minimisation des coûts, donc l'efficacité maximum ;
- 4° qu'elle est plus équitable puisqu'elle transfère des contribuables aux usagers la charge du financement (sous réserve des prélèvements sur les rentes qui seront maintenus ou même développés).

Nous avons montré qu'en outre elle évitait, quand on l'appliquait aux voies à accès contrôlés, des transferts inévitables des contribuables vers les propriétaires dont ils augmentent les rentes. De plus, la théorie du concurrent donne dans des cas étendus une justification économique de l'option de l'équilibre budgétaire.

Les différentes structures possibles des organismes routiers chargés de la construction et de l'exploitation des infrastructures routières vont être examinées dans le présent chapitre en fonction de la troisième raison indiquée plus haut (structures permettant de réaliser la minimisation des coûts). Les différentes modalités d'application de l'équilibre budgétaire seront également examinées.

**7.1 MINIMISATION DES COÛTS  
ÉQUILIBRE BUDGÉTAIRE  
AUTONOMIE FINANCIÈRE**

Les auteurs du Rapport Allais considèrent que la condition de minimisation des coûts a une véritable prééminence sur les autres conditions économiques de l'optimum [Rapport Allais paragraphes 12.21 et 25.03 cités dans l'introduction du présent rapport]. Pour obtenir cette minimisation des coûts, il faut, contrairement aux usages administratifs, introduire le mécanisme des prix dans la gestion des infrastructures routières. Pour cela, la meilleure solution est d'imposer, comme ils le recommandent, la condition d'équilibre budgétaire et d'accorder l'autonomie financière à des organismes routiers ayant l'échelle humaine.

Les éléments les plus importants à introduire dans les

règles de gestion des organismes routiers autonomes pour obtenir l'efficacité maximum sont : la prise en charge en comptabilité de l'intérêt des crédits d'investissement et, bien entendu, des amortissements ; la possibilité de proportionner le personnel et les frais d'études aux besoins ; l'assouplissement de la règle d'annualité des dépenses et de l'interdiction des virements entre chapitres ; la liberté du recours à l'emprunt pour les investissements importants. Ainsi seront évités les à-coups provoqués par des allocations de crédits tardives ou insuffisantes<sup>(1)</sup> ou tout au moins non connues à l'avance, ce qui empêche la préparation de programmes à long terme et, par conséquent, la baisse des prix que permettrait la régularisation de la courbe de charge des entreprises spécialisées, et ce qui entraîne quelquefois l'arrêt des chantiers, et par suite de lourdes pertes économiques.

De même, lorsque les dotations budgétaires sont accordées sans intérêt, celui qui en dispose agit souvent comme si la valeur marginale du capital était nulle et ne tient pas notamment un compte correct des pertes économiques dues aux retards d'exécution.

L'autonomie budgétaire entraîne évidemment comme conséquence la liberté d'emprunter.

L'autonomie budgétaire permettra même dans certains cas de décentraliser les décisions d'investissement suivant l'application du principe que « toute opération rentable financièrement est utile économiquement ».

Cette thèse est d'ailleurs en accord avec celle qu'expriment les auteurs du Rapport Allais (23.32) et que nous avons citée au chapitre 5.

Ce dernier principe, celui de la liberté d'emprunter, et la fixation forfaitaire des allocations à provenir de la taxe sur les carburants (chapitre 8.1), sont autant d'éléments qui permettront, comme le montre en particulier l'exemple italien, de mettre rapidement fin à la situation de sous-investissement dans laquelle se trouve en général le réseau routier européen.

La règle de l'autonomie budgétaire présente des avantages variables suivant les réseaux. On doit insister, en premier lieu, sur son application aux réseaux congestionnés et aux voies à accès limités, c'est-à-dire aux réseaux 3 et 4.

La règle d'équilibre budgétaire ne fait pas obstacle à la mise à la disposition des réseaux 3 et 4 d'une part des taxes sur l'essence défiscalisées que nous proposons de fixer à 2,80 centimes par véhicule-km en rase campagne et à 4,55 centimes par véhicule-km en ville, et dans certains cas d'un prélèvement sur l'impôt foncier et l'impôt sur l'emploi (chapitre 8.1).

<sup>(1)</sup> Le Vert, Paul : *Les Autoroutes en Europe, op. cit.*

La plupart des conditions qui font de l'équilibre budgétaire et de l'autonomie financière le meilleur stimulant pour la minimisation des coûts sont réunies dans la structure de la société Autostrade du groupe de l'IRI en Italie, sous réserve des aménagements que nous proposons et notamment du remplacement des subventions par l'allocation permanente d'une fraction de la taxe sur les carburants et des licences poids lourds au prorata des véhicules-km parcourus. Des détails ont été donnés sur ces structures, au paragraphe 2.21, et sur les sociétés d'autoroutes françaises au paragraphe 2.22.

## 7.2 ÉQUILIBRE BUDGÉTAIRE SANS POSSIBILITÉ D'EMPRUNT

Il semble que la considération de l'option d'équilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt ait répondu pour les auteurs du Rapport Allais au souci d'empêcher les organismes de transport de «tourner» la condition d'équilibre budgétaire. Ce danger paraît pouvoir être écarté en adoptant une disposition — qui va de soi et qui est d'ailleurs préconisée par les auteurs de ce même Rapport — visant à ce que les emprunts ne soient autorisés que pour les investissements importants et dont les dépenses ne peuvent pas être étalées sur plusieurs années.

Les craintes exprimées s'appliquent d'ailleurs mal au cas routier où le sous-investissement est notoire. Nous estimons même que la possibilité du recours à l'emprunt réservé d'ailleurs en principe aux réseaux 3 et 4 (quoique pouvant être étendu également aux autres réseaux si, par exemple, une action importante telle qu'une mise hors gel de certains itinéraires devait être réalisée dans un court délai) constitue une soupape de sûreté par rapport aux erreurs toujours possibles dans une planification trop centralisée des infrastructures.

En résumé, bien qu'il soit de règle pour les réseaux 1, 2 et, à un moindre degré, pour le réseau 3 que l'équilibre budgétaire soit sans emprunt, toutes les exceptions raisonnables seront admises. Au contraire, pour le réseau 4, c'est le recours à l'emprunt qui sera la règle pour les investissements, et l'autofinancement l'exception.

Cependant, il peut arriver que la conjoncture rende difficile le recours à l'emprunt; dans ce cas, la seule ressource sera d'augmenter la part de l'autofinancement et donc de relever momentanément le montant de la taxe sur l'essence.

Cette solution, qui est la solution américaine, n'est pas la meilleure au point de vue économique, du moins tant qu'on est en période d'expansion<sup>(1)</sup> mais les pertes économiques correspondantes ne sont pas très élevées,

<sup>(1)</sup> Quand le taux d'expansion est supérieur au taux d'intérêt (ce qui est le cas actuellement), l'emprunt est économiquement préférable à l'autofinancement, comme l'ont déjà fait remarquer les auteurs du Rapport Allais.

si le taux reste modéré en raison de la faible élasticité de la demande d'essence par rapport au prix.

Le recours à l'emprunt se justifie aussi pour les raisons suivantes:

Le sous-investissement en matière routière a conduit à des pertes économiques dues au retard de mise en œuvre d'un grand nombre d'investissements justifiés économiquement. Rattraper ce retard sans emprunts nécessiterait l'augmentation des taxes annuelles dont certaines ne sont pas neutres et, en outre, surchargerait la génération présente déjà victime du sous-investissement actuel. Aux États-Unis, au moment des premières discussions sur le programme inter-États, le général Clay, président de la commission instituée par le président Eisenhower, avait proposé le financement du programme par l'emprunt. C'est le Congrès des États-Unis qui a rejeté cette proposition et y a substitué le financement sur la base du principe «Pay as you go».

Dans un pays où le niveau de la circulation et la consommation spécifique sont tels qu'un relèvement de la taxe fédérale sur les carburants de 2,62 centimes par litre<sup>(2)</sup> a suffi pratiquement à assurer ce financement, on comprend que cette solution ait été adoptée; le niveau très réduit de la taxe sur l'essence correspond à une zone de la courbe de demande où l'élasticité de la demande et les pertes économiques correspondantes sont quasi nulles. Une telle situation ne sera constatée en Europe que dans vingt à vingt-cinq ans et, dans l'intervalle, le recours à l'emprunt gardera toute sa valeur.

Remarquons qu'aux États-Unis la soupape de sûreté du recours à l'emprunt existe pour les autres programmes. La plupart des États et des villes recourent à l'emprunt et au péage pour financer des ouvrages non compris dans le programme inter-États, tels que des parkings, des autoroutes et des ouvrages exceptionnels de franchissement tels que grands ponts et grands tunnels, soit directement, soit par l'intermédiaire «d'autorités».

Il y a lieu de remarquer que, bien que le programme inter-États soit un programme de défense, il n'a pas été fait appel à d'autres ressources qu'à une taxe frappant les usagers pour le financer.

## 7.3 ÉQUILIBRE BUDGÉTAIRE AVEC POSSIBILITÉ D'EMPRUNT

L'annualité du budget des administrations publiques a pour autre inconvénient d'empêcher l'établissement de programmes à long terme constituant une charge aussi uniforme que possible pour les entreprises spécialisées.

L'autonomie budgétaire avec possibilité d'emprunt permettrait de préparer un programme à long terme à courbes de charge constante pour les entreprises, ce qui permettrait des réductions de prix de revient qui

<sup>(2)</sup> Augmentation qui a d'ailleurs été épongée par l'inflation et la baisse du prix de l'essence hors taxes, comme on peut le constater en se reportant au tableau 3 du paragraphe 3.51.1.

seraient de l'ordre de 10%, donc très supérieures aux pertes causées par l'application de péages dits non économiques.

On a encore là un exemple des pertes économiques dues à des structures empêchant la minimisation des coûts beaucoup plus importantes que des pertes économiques dues à la non-application de la tarification marginaliste.

Le système d'équilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt manquerait de souplesse, à moins qu'on ne remette continuellement en question le niveau des péages et des redevances. Pendant toute la période de croissance du trafic, qui va s'étendre encore sur vingt ou trente ans, les ressources nécessaires pour le paiement des intérêts et des amortissements des emprunts seront toujours faciles à dégager, comme on le verra sur des exemples concrets en 9.1 et 9.2.

#### 7.4 CONSTANTE INITIALE

Une des raisons pour lesquelles les auteurs du Rapport Allais sont peu favorables au système d'équilibre budgétaire avec emprunt est qu'ils estiment que, dans ce cas, de grandes difficultés s'élèveront pour déterminer la constante initiale représentant la valeur du réseau remis aux organismes chargés de le gérer.

Les ressources principales des organismes chargés de gérer les réseaux routiers proviennent, dans l'option d'équilibre budgétaire, des usagers et, dans la mesure où les usagers ont payé plus que leur dû dans le passé, on ne voit pas pourquoi on leur imputerait, sous forme de constante initiale, des sommes qu'ils ont déjà payées.

Il n'en est pas de même pour les emprunts non encore amortis puisque les usagers n'ont rien payé à ce titre. La constante initiale se résumerait donc à la part non amortie des emprunts qui auraient été contractés à quelque titre que ce soit pour l'établissement d'une partie quelconque du réseau routier et de ses annexes.

Ces emprunts seront amortis sur l'allocation d'essence et le revenu des péages, c'est-à-dire des péages de congestion et, quand ceux-ci seront insuffisants, des péages d'équilibre.

Le cas d'un réseau autoroutier existant, comme le réseau allemand pour lequel aucun emprunt n'a été contracté mais qui a été financé pour une grande partie sur les fonds généraux du budget à une époque où les prélèvements sur les usagers étaient beaucoup plus faibles, est plus délicat. On pourrait soutenir que seule serait légitime la perception du péage de congestion<sup>(1)</sup>.

Cependant, s'il est nécessaire un jour de doubler ces autoroutes, il est évident que dans les premières années des péages d'équilibre seront nécessaires; il sera alors légitime de percevoir des péages d'équilibre aussi bien sur l'autoroute ancienne parallèle que sur la nouvelle,

(1) Quoique la théorie du concurrent doit conduire à nuancer cette opinion. On pourrait trouver ainsi des ressources qui pourraient être restituées aux fonds généraux du budget.

puisque l'on pourra considérer les deux autoroutes comme un même ouvrage et il n'y aura pas lieu d'établir une distinction entre l'usager de la première autoroute et celui de la seconde<sup>(2)</sup>.

#### 7.5 EMPRUNT ET AUTOFINANCEMENT

La vraie question n'est pas au fond celle du choix entre les deux options d'équilibre budgétaire avec ou sans emprunt, mais plutôt celle de la détermination de la part du financement par emprunt et de l'autofinancement. C'est un problème avec lequel sont confrontées toutes les sociétés, qu'elles soient privées, d'État ou mixtes. Il serait vain de vouloir donner à ce problème une solution *ne varietur*; il est sage, au contraire, de rechercher une solution pragmatique déterminée en fonction de la conjoncture comme le font en pratique les sociétés privées et les autres, quand elles le peuvent.

Les sociétés privées font appel à des ressources variées de financement telles que le capital propre, l'autofinancement, les emprunts à court terme et les emprunts à long terme, de plus en plus onéreuses et dans cet ordre; la part du recours à l'emprunt dépend de beaucoup de facteurs, mais notamment du taux d'intérêt mais, surtout, du volume des capitaux disponibles sur le marché.

Étant donné le retard pris par les investissements et la pression qu'exercera dans les prochaines vingt-cinq années la croissance du trafic due au développement de la motorisation et au développement urbain, le recours à l'emprunt pour les investissements d'envergure est la solution qui est susceptible de donner les bénéfices économiques maximums puisqu'il permet de réaliser plus rapidement les capacités qui réduiront les pertes économiques dues à la congestion. D'autre part, le recours à l'emprunt est particulièrement justifié dans un domaine en expansion comme celui de la circulation.

Mais il faut se garder de l'esprit de système car, en dehors du goulot d'étranglement correspondant à la disponibilité des capitaux sur le marché, il y en a d'autres comme la disponibilité d'effectifs d'ingénieurs, la capacité des entreprises, la lenteur des expropriations.

Il y aura donc lieu d'adopter une position pragmatique. Dans le réseau 4, le recours à l'emprunt serait la règle générale et il ne devrait être soumis à aucune restriction artificielle (comme, par exemple, l'interdiction d'emprunter à l'étranger). Il devra être admis qu'en cas d'insuffisance des capitaux disponibles sur le marché, il pourra être fait appel à l'autofinancement et que, s'il est nécessaire, les ressources de l'organisme constructeur seront augmentées, par exemple par un relèvement des droits sur les carburants (c'est la solution qui a été, rappelons-le, adoptée par le gouvernement fédéral américain pour le programme inter-États et pour la plupart des programmes des États). La solution qui a

(2) On pourra cependant peut-être différencier les péages pour se livrer à des expériences analogues à celles qu'a proposées Beckmann (annexes 3.22 et 4.12.3).

été adoptée jusqu'à présent par l'Allemagne fédérale et les Pays-Bas s'en rapproche et l'on conçoit que, dans une phase de transition, ces pays puissent rester attachés en partie à un système d'autofinancement proche de celui des États-Unis et auquel les auteurs du Rapport Allais semblent d'ailleurs assez favorables. Par contre, dans cette même période transitoire, la France, en raison de son retard, aura intérêt à adopter pour le réseau 4 systématiquement le recours à l'emprunt, à l'imitation de l'Italie, la Belgique semblant constituer un cas intermédiaire.

Dans le cas d'un recours assez généralisé à l'autofinancement, soit qu'il s'agisse de la phase transitoire, soit qu'il soit imposé par la conjoncture, soit que tout simplement on se soit écarté sur ce point de nos propositions, nous considérons par contre qu'il serait absolument indispensable de conserver le stimulant de bonne gestion que constitue l'inscription dans les budgets d'un taux d'intérêt. Il conviendrait que les suppléments de droits destinés à l'autofinancement des grands investissements soient encaissés par un organisme central de crédit qui les mettrait à la disposition des organismes constructeurs en leur facturant des annuités d'intérêts et d'amortissement. Cet organisme pourrait aussi centraliser les appels faits au marché des capitaux et, grâce à l'ensemble des ressources qui pourraient lui être attribuées, appliquer des taux d'intérêt, des rythmes et des durées d'amortissement plus proches de l'optimum économique que ceux qui sont imposés par le marché.

Nous laissons à part, pour le moment, le cas du réseau 1.

Dans le cas du réseau 2, où la règle sera l'autofinancement, la soupape de sûreté consiste à autoriser le recours à l'emprunt pour les investissements exceptionnels, comme c'est le cas aux États-Unis où les organismes constructeurs de caractère public appelés districts ou autorités peuvent emprunter sans garanties d'aucune sorte autres que celle de leurs recettes, mais aussi sans aucune limitation autre que celle de trouver des prêteurs sur le marché (ce qui oblige d'ailleurs à établir des prévisions de trafic et de recettes très élaborées).

L'ouvrage en question passe alors, s'il est assez important, dans le réseau 4, ce qui veut dire nécessairement qu'il acquerra l'autonomie budgétaire sans pour cela échapper au contrôle de l'organisme et des ingénieurs chargés du réseau 2, comme c'est le cas en Californie pour les ponts et tunnels à péage, en Allemagne en navigation intérieure pour des sociétés telles que Main-Danube, et en France pour les sociétés d'auto-routes.

Le cas du réseau 3 est analogue à celui du réseau 2, le recours à l'emprunt y étant simplement plus fréquent.

Ces idées ne s'écartent pas sensiblement de celles que l'on trouve dans le Rapport Allais.

Le recours à l'emprunt sera aussi une échappatoire par rapport à un excès de centralisation dans la planification des investissements. Il devrait être admis comme aux États-Unis, en vertu du principe que tout travail

rentable financièrement est a fortiori utile économiquement, que toute société privée ou non qui propose de réaliser un ouvrage en faisant son affaire des capitaux nécessaires et en ne demandant pas d'autres garanties que celle de pouvoir percevoir des péages indexés sur les prix à la consommation, devra recevoir les autorisations nécessaires. Elle devra en outre recevoir une allocation de l'ordre de 2,8 centimes par véhicule-km comme nous le justifions en 8.1 sous les réserves qui sont explicitées dans ce chapitre, et pouvoir aussi récupérer une partie des plus-values créées par l'ouvrage.

Le Rapport Allais préconise l'option d'équilibre budgétaire sans emprunt pour le cas général mais admet des exceptions pour les ouvrages de grande ampleur; c'est à peu près le système américain, la règle générale étant le «Pay as you go» et l'exception, assez fréquente d'ailleurs, étant les autoroutes à péage, les ponts et tunnels à péage, et, en ville, les parkings, les gares routières. Nos propositions, en instituant le réseau 4, consistent à ne pas limiter cette exception aux ouvrages de très grande ampleur, mais à l'étendre à tous les ouvrages d'une certaine importance pour lesquels la perception de redevances à l'occasion de l'acte de transport est justifiée.

## 7.6 IMPÔT FONCIER

La notion d'équilibre budgétaire n'implique pas que les recettes destinées à établir l'équilibre proviennent exclusivement des usagers sous forme soit de taxes défiscalisées, soit de péages ou de redevances. L'impôt foncier est une source de recettes traditionnellement utilisée par les collectivités locales pour alimenter leur budget. Dans certains cas les recettes correspondantes sont affectées à des dépenses routières, soit parce que certaines taxes de voirie sont explicitement alimentées par un prélèvement sur l'impôt foncier, soit parce que les collectivités ne peuvent légalement contracter d'emprunts sans donner une garantie gagée sur l'impôt foncier et des impôts analogues.

L'appel à ce genre de ressources est correct économiquement car l'impôt foncier, s'il n'y a pas de pénurie artificielle de terrains et si son taux est modéré, est neutre et n'est pas répercuté sur les rentes de terrains puisque celles-ci sont fixées par la situation de ces terrains. D'autre part, à la ville comme à la campagne, les rentes sont directement liées à l'existence des voies de communication. Pour la ville, cela ressort des annexes 4.32 et 4.34; pour la campagne, la situation n'est pas essentiellement différente. Par une démarche tout à fait analogue à celle suivie dans l'annexe 4.34, on pourrait montrer que, s'il est économiquement justifié de construire une route pour désenclaver un ensemble de propriétés, l'augmentation de la rente des propriétés désenclavées sera au moins égale au coût de la route<sup>(1)</sup>.

(1) Les mêmes raisons qui justifient l'affectation d'une partie des recettes de l'impôt foncier à la couverture de l'équilibre du réseau 1 s'appliquent aux voies ferrées locales et aux lignes de

La taxe sur l'essence même à son niveau actuel n'étant pas suffisante pour réaliser l'équilibre budgétaire du réseau 1, une solution est d'appliquer un tarif binôme, dont le terme proportionnel correspondrait à la taxe sur l'essence et dont le terme fixe serait constitué par l'impôt foncier pour les propriétaires et la patente pour les commerçants de la région où se trouve la route.

Ces ressources ont le caractère que l'on doit exiger des termes fixes des tarifs binômes. Elles sont neutres. Il convient donc de les conserver pour alimenter les budgets des réseaux 1 et 3.

L'impôt foncier à revalorisation permanente étant le moyen le plus pratique de récupération de plus-values, il y a lieu en outre de créer un impôt foncier d'État pour en affecter une partie aux réseaux 2 et 4 correspondant aux plus-values relatives au développement de ces réseaux.

L'impôt foncier s'applique en général à la valeur vénale de l'immeuble; seule est neutre économiquement la fraction s'appliquant à la rente (et à condition encore qu'il n'y ait pas pénurie). Cette fraction peut être très faible à la limite des agglomérations. Cependant, un taux de 2% sur la valeur vénale pour l'impôt foncier serait parfaitement tolérable puisqu'il est de l'ordre de l'inflation annuelle. En ce qui concerne la fraction correspondant à la rente, un taux supérieur est justifié, le double par exemple, pour tenir compte de la liaison entre les rentes et le niveau des salaires qui est démontrée à l'annexe 4.32. La valeur des rentes dans une ville congestionnée qui continue à se développer dépasse l'imagination. De 1957 à 1966, dans certains quartiers de Paris, le prix du m<sup>2</sup> de logement est passé de 1000 à 3000 FF. Si on applique seulement une majoration de 500 FF aux seuls locaux d'habitation représentant 80 000 000 de m<sup>2</sup>, on arrive à un total de plus de 40 milliards de francs représentant le coût de vingt-cinq fois le boulevard périphérique de 36 km de long.

Enfin, dans les villes à croissance rapide, il résulte de l'annexe 4.32 qu'on peut envisager une taxation supplémentaire sur la rente ayant un taux égal à environ la moitié du taux de croissance.

En rase campagne, la fraction de la rente qui correspond à la meilleure qualité des terres agricoles doit revenir aux budgets généraux. Celle qui est liée aux dessertes routières devrait être défiscalisée et revenir aux budgets des organismes routiers du type 1.

Bien entendu, les majorations à appliquer à l'impôt foncier devront l'être très progressivement dans toutes les régions où existe une pénurie de logements et de terrains.

---

banlieue, sous réserve, bien entendu, que les dépenses marginales doivent être couvertes par les usagers. Nous allons même plus loin et pensons que les dépenses totales d'exploitation doivent être couvertes par ceux-ci. Mais il est toutefois légitime que les dépenses d'investissement et de renouvellement soient couvertes partiellement, comme pour le réseau 1, par un prélèvement sur l'impôt foncier.

## 7.7 CAISSE DE RELAIS

L'analyse poursuivie aux annexes 4.51 à 4.53 a montré que l'optimum économique avec équilibre budgétaire et péages purs nuls conduit à choisir un péage d'équilibre constant et implique donc des recettes annuelles croissantes, c'est-à-dire un déficit la première année où les recettes permettent de payer les intérêts mais non l'amortissement de l'investissement. Pour un taux d'intérêt de 7%, le déficit se prolonge jusqu'à la quatorzième année (annexe 4.53).

Les méthodes américaines d'amortissement à annuités croissantes se rapprochent de l'optimum beaucoup plus que les méthodes européennes à annuités constantes.

Il paraît irréaliste de vouloir atteindre cet optimum mais il faut essayer de s'en rapprocher et pour cela, en raison des habitudes européennes, il paraît nécessaire d'instituer une caisse de relais disposant d'une dotation initiale; elle contractera des emprunts aux conditions du marché, mais, disposant d'autres ressources, pourra appliquer des taux inférieurs et des durées d'amortissement supérieures à ceux du marché; elle fixerait les versements des organismes constructeurs de manière à se rapprocher de l'optimum défini plus haut.

Cette caisse de relais serait chargée aussi de centraliser les recettes des taxes défiscalisées, y compris la part de l'impôt foncier, et de les allouer aux différentes parties prenantes.

En contraste avec le système de décentralisation poussée que nous préconisons pour les organismes constructeurs, il y aurait avantage à ce que cette caisse soit unique et placée à l'échelon communautaire; elle financerait directement toutes les études qu'il y aurait intérêt à traiter à l'échelon communautaire; elle pourrait également jouer un rôle dans les projets routiers à réaliser dans les zones sous-développées de la Communauté et qui échapperaient à la règle de l'équilibre budgétaire. Dans la phase de transition, on pourrait envisager des caisses nationales qui délégueraient une partie de leurs attributions à une caisse centrale.

La dotation initiale pourrait être constituée en partie par un prêt consenti par les États et prélevée par exemple sur la partie non défiscalisée des taxes spécifiques pendant la période transitoire.

D'autre part, la péréquation communautaire des taxes spécifiques conduira à procurer des ressources relativement plus importantes aux nations favorisées par une plus grande densité de population. Notre proposition consistant à équilibrer le budget du réseau national le plus défavorisé (réseau 2) avec les recettes spécifiques conduira dans ces pays à des excédents qui pourraient être mis sous forme de prêt à la disposition de la caisse de relais dont nous préconisons la création.

Nous soulignons à nouveau que les ressources de la caisse de relais constituant sa dotation initiale ne seraient pas des dons mais des prêts indexés, pour lesquels il serait donc versé un intérêt modéré. Les versements à titre de dotation initiale ne s'étendraient pas au-delà de la fin de la période transitoire.



## 7.8 VUE D'ENSEMBLE SUR LES QUESTIONS FAISANT L'OBJET DES CHAPITRES 4.5, 5 ET 7

### 7.81 Péréquation de la taxe sur l'essence (harmonisation)

Du fait de la quasi-neutralité des taxes sur les carburants, lorsque leur taux est modéré, il est justifié de maintenir cette taxe à un niveau modéré et péréqué non seulement à l'intérieur d'une nation, mais encore à l'intérieur de la Communauté des Six. Les ressources correspondantes seront défiscalisées et constitueront le substitut des redevances des usagers, dans les cas où il est impossible de les percevoir à l'occasion de l'acte de transport. Les excédents qui pourraient être ainsi obtenus par les États les plus favorisés devraient être mobilisés par l'intermédiaire d'une caisse de relais qui accorderait des prêts à intérêt modéré à des caisses nationales qui en disposeraient au profit des organismes routiers. Les prêts consentis par cette caisse, qui emprunterait également sur le marché, pourraient donc être consentis à des taux inférieurs à ceux du marché et avec des durées d'amortissement supérieures.

Ces dispositions seraient adaptées le jour où l'impôt sur les carburants deviendrait un impôt communautaire.

La taxe sur le diesel et les licences de poids lourds suivront le sort de la taxe sur l'essence et seront donc péréqués à l'échelon communautaire.

Il est fait allusion dans le rapport « Road Pricing »<sup>(1)</sup> aux possibilités de dépéréquation du prix de l'essence; celles-ci sont très limitées<sup>(2)</sup>. Dans les États comme la France, où l'usage des maisons de week-end se développe, cette dépéréquation serait tout à fait inopérante.

### 7.82 Dépéréquation des autres ressources dans les différents réseaux

Par contre, pour les autres ressources, on envisage une dépéréquation qui ne sera pas en général une dépéréquation dans l'espace à proprement parler mais une dépéréquation suivant la nature de différents réseaux.

À l'intérieur de chaque réseau, il est possible ou non d'envisager une dépéréquation dans le temps. La division en quatre réseaux est établie justement en fonction de la nécessité et des possibilités de dépéréquation dans le temps et aussi de l'importance du déficit auquel conduirait l'application de la théorie des péages économiques.

Le réseau 1 est le réseau de la voirie rurale d'intérêt local. Le réseau 2 est le réseau national limité à sa partie non congestionnée (avec possibilité de subdivisions régionales pour les grands pays). Le réseau 3

comprend la voirie des villes; il est évidemment subdivisé en communes ou groupes de communes. Le réseau 4 correspond en gros aux ouvrages à accès contrôlés se substituant à une route congestionnée, et à cette route elle-même; il est subdivisé en éléments permettant une gestion efficace à l'échelle humaine.

### 7.83 Autonomie financière et équilibre budgétaire dans les différents réseaux

En vue d'augmenter leur efficacité, les réseaux sont dotés de l'autonomie financière et de la liberté absolue d'emprunter pour les réseaux 3 et 4.

Les options que nous proposons sont les suivantes:

L'équilibre budgétaire sera réalisé pour le réseau 2 en recourant à la taxe sur l'essence qui sera précisément fixée à un niveau convenable pour réaliser cet équilibre.

Cette option n'est pas rigoureusement conforme à la théorie économique. Cependant, les pertes sociales correspondantes sont très faibles car, le réseau étant peu congestionné, la taxe sur l'essence est, comme on l'a vu à l'annexe 3.21, à un niveau qui en fait une taxe de congestion voisine de l'optimum.

Nous rappelons que les parties de ce réseau réellement congestionnées seront, en général, rattachées, ou bien au réseau 3, ou bien au réseau 4.

Les réseaux 1, 2, 3 et 4 sont soumis pour leur gestion à la contrainte globale d'équilibre budgétaire. Ils y sont soumis également pour le choix de chaque investissement important. Leur budget est alimenté par les redevances qui peuvent être perçues directement sur les usagers à l'occasion de l'acte de transport sous forme de vignettes ou de péages (cette recette est nulle pour les réseaux 1 et 2) et par une allocation dite « allocation d'essence », qui consiste dans un versement des ressources de la taxe sur les carburants et des licences poids lourds au prorata des véhicules-km parcourus.

On peut envisager des tarifs d'abonnement sur le réseau 4. Pour les réseaux 1, 2 et, dans une certaine mesure, 3, l'institution d'une prime fixe d'abonnement reviendrait à l'établissement d'une licence annuelle et nous avons vu pour quelle raison nous ne recommandons pas cette solution pour les voitures de tourisme.

#### 7.83.1 PRÉLÈVEMENTS SUR L'IMPÔT FONCIER POUR LES RÉSEAUX 1 ET 3

Les recettes des réseaux 1 et 3 comprennent, en outre, conformément à la tradition des collectivités locales, un prélèvement sur l'impôt foncier (et patente) et celles du réseau 3 un prélèvement sur l'impôt différencié sur l'emploi à créer ainsi que le produit net de la taxe sur le stationnement.

Lorsque la mobilisation des ressources constituant des prélèvements sur les rentes sera réalisée, elles seront affectées aux itinéraires où les frais d'expropriation seront particulièrement élevés en raison du prix élevé des terrains, ou bien où les frais de construction (via-

<sup>(1)</sup> Road Pricing: *The Economics* . . . , op. cit.

<sup>(2)</sup> Par le « fuel fetching » (voyages dans les zones moins taxées pour en ramener de l'essence). Et encore les auteurs admettent que le trafic ne porterait que sur de l'essence stockée dans le réservoir.

ducs ou tunnels) seront particulièrement élevés du fait que justement on aura voulu éviter des expropriations.

#### 7.83.2 RECETTES DU RÉSEAU 4 (AUTOROUTES RURALES)

Dans ces conditions, l'équilibre budgétaire d'une autoroute non urbaine s'établit au moyen de l'allocation d'essence, de péages de congestion, de péages d'équilibre dont la valeur est égale en pointe et hors pointe, de manière que la différence des péages pointe et hors pointe soit celle fixée par la théorie de la congestion.

L'autoroute est gratuite pendant les heures les plus creuses tant que le trafic ne dépasse pas un niveau rendant rentable la perception des péages<sup>(1)</sup>.

#### 7.83.3 RECETTES DU RÉSEAU 2

Le réseau 2 a pour seule ressource l'allocation d'essence, qui est d'ailleurs calculée en vue de réaliser cet équilibre budgétaire particulier pour le réseau national le plus défavorisé.

#### 7.83.4 RECETTES DU RÉSEAU 1

Pour les réseaux secondaires, les ressources que l'on peut percevoir sur les usagers directement ou sous forme de taxes sur les carburants et de licences poids lourds sont faibles ou même nulles et l'équilibre est

basé principalement sur les revenus de l'impôt foncier et des impôts analogues sur les rentes.

#### 7.83.5 RECETTES DU RÉSEAU 3

Dans le troisième réseau, les ressources permettant d'établir un budget équilibré sont: l'allocation d'essence, la taxe de congestion perçue sous forme de vignette ou éventuellement sous forme de péage pour certaines autoroutes urbaines (le péage d'équilibre est incorporé dans la vignette lorsque celle-ci est employée pour une autoroute urbaine), la taxe sur le stationnement et un prélèvement sur l'impôt foncier et sur l'impôt sur l'emploi calculé en fonction des contraintes que fait peser sur la réalisation des voies l'élévation des prix de travaux urbains due aux plus-values des terrains urbains et aux difficultés de construction résultant d'immeubles existants, de fonds de commerce qu'il faut exproprier ou éviter d'exproprier au moyen d'ouvrages onéreux tels que viaducs ou tunnels. La taxe de congestion restera à un niveau modéré tant que la vérité des prix ne sera pas rétablie dans les transports en commun. Cette vérité des prix sera rétablie dans le sens indiqué ci-dessus en compensant la hausse des prix des transports en commun par une augmentation des salaires. Le nouvel impôt sur l'emploi sera acquitté par l'employeur et ne devra pas impliquer de diminution des salaires.

---

<sup>(1)</sup> Voir cependant les réserves formulées à ce sujet au paragraphe 2.31.5.

**TROISIÈME PARTIE**  
**PROPOSITIONS OPÉRATIONNELLES**



## DÉTERMINATION PRATIQUE DES TAXES, PÉAGES ET REDEVANCES

## 8.0 Introduction et résumé

Étant donné qu'il est impossible d'envisager une déperquation à l'infini, comme on l'a vu, et qu'il n'est pratiquement pas possible de prélever des péages sur toutes les voies, on est conduit à la solution consistant à conserver une partie des taxes spécifiques et à la défiscaliser, donc à n'opérer qu'une déperquation partielle.

Nous proposons en 8.1 de fixer la partie défiscalisée de la taxe sur l'essence à 35 centimes. C'est un niveau voisin de celui des Pays-Bas qui est pris égal à 35 centimes dans la plus grande partie de ce rapport (qui utilise des statistiques communautaires anciennes), mais qui a été récemment porté à 40 centimes.

Un élément déterminant dans cette étude est que l'égalité des recettes spécifiques et des dépenses routières dans un des pays de la Communauté et l'excédent de ces recettes sur les dépenses dans les autres pays ont un caractère global qui cache une réalité plus complexe; si on tient compte, en effet, des autres recettes des collectivités locales, il y a un super-équilibre global dans tous les pays, mais au moins dans un pays, la France, il y a une profonde différence dans la couverture des dépenses entre les réseaux locaux et nationaux, le réseau national pris isolément faisant ressortir des excédents de recettes non affectés, si on calcule ce qu'elles devraient être au prorata des véhicules-km parcourus. C'est là certainement la cause principale du retard de l'équipement routier national par rapport aux réseaux ruraux locaux.

Ayant constaté ce qui précède sur l'exemple français et n'ayant pas pu nous procurer en temps utile les statistiques correspondantes pour les autres pays, le calcul qui est fait en 8.1 n'a pu être fondé que sur des renseignements français; il est donc possible que, lorsque cette enquête sera étendue à d'autres pays, certaines conclusions aient à être modifiées. Cependant, d'une part, ce calcul n'est donné qu'à titre illustratif; d'autre part, un certain nombre d'autres raisons convergent pour la fixation d'un taux communautaire unique de la taxe défiscalisée sur l'essence aux environs de 35 centimes.

- 1° L'harmonisation doit se faire entre les six pays. Si elle ne se faisait pas, cela introduirait des distorsions entre les transporteurs faisant des transports parallèles à une frontière et, pour le tourisme automobile, des discriminations entre les six pays.
- 2° L'harmonisation devant se faire, elle ne peut se faire que par alignement sur le taux le plus bas, puisque nous avons démontré que les taux les plus élevés conduisent à des pertes économiques croissantes.
- 3° Le taux kilométrique de 2,80 centimes pour la campagne, qu'on déduit d'une taxe de 35 centimes,

correspond à une taxe optimum de congestion pour une vitesse qui n'est pas tellement éloignée de la vitesse moyenne qu'on y pratique.

- 4° Des taux supérieurs aux taux néerlandais ou allemand conduisent visiblement à une sous-utilisation du parc, de sorte que la somme de la partie fiscalisée et de la partie défiscalisée devra être réduite graduellement pour être ramenée à ce taux dans les pays où elle est plus élevée.
- 5° Les taux élevés de la taxe sur l'essence conduisent à une dispersion trop grande des types de voiture. Cette non-uniformité des types de voiture a une influence défavorable sur la fluidité du trafic.

Pour mettre fin au sous-investissement constaté dans le réseau national de certains pays comme la France, il est proposé également en 8.1 d'accorder aux organismes constructeurs d'autoroutes une allocation de 2,80 centimes par véhicule-km en rase campagne, calculée sur la base du taux définitif de 35 centimes de la taxe, et ceci immédiatement. Pour les mêmes raisons, il est proposé d'accorder aux villes congestionnées une allocation de 4,55 centimes.

Il n'y a aucune raison de différer l'application de cette mesure puisque, dans tous les pays, le taux est actuellement supérieur à 35 centimes.

Le nouveau taux de 40 centimes de la taxe néerlandaise, qui rejoint la taxe allemande, laisse une marge de 5 centimes qui pourra rester pendant une phase de transition à la disposition des budgets généraux, comme le sera d'ailleurs en première phase la différence entre 35 centimes et les taux défiscalisés que nous proposons, à titre d'exemple, pour la France, et qui varieront au cours des cinq prochaines années entre 23 et 30 centimes.

Le niveau de la taxe sur l'essence étant fixé comme indiqué ci-dessus, le problème est de déterminer le niveau de la taxe sur les véhicules à moteur diesel. L'étude développée en 8.2 montre qu'il n'est pas possible de parvenir à un optimum si on ne combine pas à une taxe sur le gasoil un terme fixe, variant avec le type de poids lourd, sous forme de licence annuelle.

Le sous-chapitre 8.3 traite des péages et redevances qui s'ajoutent éventuellement aux taxes spécifiques. Le cas des transports pour compte propre est abordé à l'annexe 8.4.

## 8.1 MODE DE DÉTERMINATION DE LA TAXE SUR L'ESSENCE

En 1964, 11,84% de la taxe sur l'essence se montant à 71,76 centimes/litre ont été affectés aux divers budgets routiers en France, soit 8,5 centimes/litre. Ces chiffres sont à comparer à une taxe de 13 centimes/litre aux

États-Unis dont 85 à 100% suivant les États sont affectés aux services routiers et à une taxe de 35 centimes/litre aux Pays-Bas dont 50% environ sont affectés aux services routiers.

La même année le trafic sur l'ensemble du réseau et sur le réseau national français était celui exprimé en milliards de véhicules-km dans le tableau suivant :

	Réseau total	Réseau national	Réseau restant
Voitures particulières	87	46,5	40,5
Véhicules utilitaires d'une charge utile supérieure à 1 tonne	10,6	9,5	1,1
Transports en commun	0,99	0,86	0,13

Sources : Sondages INSEE - SAEI - recensement 1960 rajusté.

En admettant un coefficient d'équivalence de 2 pour les véhicules utilitaires et de 2,5 pour les autocars, on obtient 67,65 milliards de véhicules-km équivalents pour le réseau national, 111 pour le réseau total, 43 pour le réseau restant. Les chiffres pour le réseau restant s'obtenant par différence sont sujets à caution, d'autant plus que les deux termes de la différence sont obtenus par des méthodes différentes.

Le tableau n° 4 indique une décomposition des différents budgets d'investissement, d'entretien, de fonctionnement et les mêmes budgets élémentaires ramenés au véhicule-km; malheureusement, il est impossible, dans le réseau restant, de distinguer les réseaux urbains et non urbains. En admettant une consommation de 8 litres aux 100 km, le tableau donne également, lorsque cela est possible, les éléments des budgets ramenés au litre d'essence, les totaux donnant la valeur d'une taxe sur l'essence qui permettrait d'équilibrer les différents budgets.

D'après les comptes des transports de la nation, le produit des taxes payées par les véhicules routiers en 1964 a été de 5 milliards pour les taxes sur les carburants et de 0,659 milliard pour la vignette, ce qui correspond à des taxes ramenées au véhicule-km de 5,75 centimes et 0,76 centimes, soit une taxe totale de 6,51 centimes/véhicule-km.

Pour fixer les idées, nous allons examiner maintenant dans quelle mesure les dépenses routières françaises en 1964 auraient pu être couvertes par l'affectation à ces dépenses d'un prélèvement sur la taxe sur l'essence.

Nous raisonnerons comme si tous les véhicules fonctionnaient à l'essence.

La couverture du budget total de 5 135 millions correspondant à 4,6 centimes/km aurait nécessité une taxe de 58 centimes/litre, soit 80% de la taxe existante.

La couverture du budget des routes nationales y compris les investissements autoroutiers, correspondant à 2,28 centimes/km, aurait nécessité une taxe de 28,2 cen-

times/litre, ces chiffres étant réduits à 1,76 centimes/km et 21,7 centimes/litre si l'on ne couvrait pas les investissements autoroutiers.

La couverture des dépenses des réseaux communaux et départementaux, qui correspondent à une dépense de 8,3 centimes/km, se divisant en 3,3 centimes pour les investissements et 5 centimes pour l'entretien, c'est-à-dire des niveaux de taxe de 41,5 et 62,5 centimes/litre, exigerait une taxe totale de 104 centimes/litre.

Bien entendu, il n'est pas question de différencier la taxe sur l'essence d'une telle manière (voir 5.24) et de loin, mais l'intérêt des chiffres précédents est de faire ressortir combien, en proportion du trafic, on sous-investit dans le réseau national.

Malheureusement, les données dont on dispose ne permettent pas, à l'intérieur du réseau «restant», de séparer le réseau urbain du réseau rural.

Cependant, pour Paris, nous possédons ces éléments pour 1964. D'après les renseignements déduits d'une couverture photographique faite le 11 mars 1964, la ville de Paris évalue le parcours total d'un jour de semaine à 13 millions de véhicules-km. En admettant un parcours total annuel de 4,7 milliards de véhicules-km, on obtient les résultats suivants :

	Dépenses totales (en millions de F)	Dépenses centimes/véhicule-km	Taxe centimes/litre		
Entretien	140	3	( <sup>1</sup> ) 37,5	( <sup>2</sup> ) 30	( <sup>3</sup> ) 23
Investissement	240	5,1	63,5	51	39
Total	380	8,1	101	81	62

(<sup>1</sup>) Consommation 8 litres/100 km.

(<sup>2</sup>) Consommation 10 litres/100 km.

(<sup>3</sup>) Consommation 13 litres/100 km.

Le chiffre des dépenses routières totales pour Paris est donc, quand on le rapporte au véhicule-km, c'est-à-dire au rendement obtenu, sensiblement le même que pour l'ensemble du réseau «restant» (y compris Paris), les indices relatifs aux investissements et à l'entretien étant permutés.

On ne peut s'empêcher d'émettre la conclusion, bien que les données nécessaires pour l'étayer soient incomplètes, qu'on sous-investit à Paris avec 5,1 centimes/véhicule, qu'on surinvestit dans le réseau «restant» rural avec 3,3 centimes/véhicule-km et qu'on sous-investit gravement dans le réseau national (qui a une section urbaine) avec 0,94 centime/véhicule-km (autoroutes comprises).

Alors que pour l'ensemble du budget routier, la couverture des dépenses aurait nécessité 80% de la taxe sur les carburants, pour le réseau national, 39,3% auraient suffi à équilibrer le budget de 1964. Ces chiffres sont à comparer aux chiffres des dépenses routières américaines en 1961 cités par St. Clair (annexe 3.22): 5,53 centimes/véhicule-km pour les zones rurales (correspondant au réseau «restant»

TABLEAU N° 4

	Réseau national			Réseau départemental			Réseau communal			Réseaux départ. + comm.			Réseaux départ. + comm. + national		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Investissements autoroutes	360														
Investissement routes nationales	278	0,42	5,2												
Total investissements	638	0,94	11,7	574 <sup>(1)</sup>			860 <sup>(2)</sup>			1 434	3,3	41,5			2 072
Entretien	353	0,52	6,3												
Fonctionnement	550	0,82	10,2												
Total entretien et fonctionnement	903	1,34	16,5	810 <sup>(2)</sup>			1 340 <sup>(4)</sup>			2 160	5	62,5			3 063
Total général	1 541	2,28	28,2	1 394			2 200			3 594	8,3	104			5 135
	1 181	1,76	21,7 <sup>(5)</sup>												4,6
															58

I: Budgets en millions de francs.  
 II: Charge budgétaire en centimes par véhicule-km.  
 III: Taxe en centimes par litre.

(<sup>1</sup>) Dont Seine : 140.  
 (<sup>2</sup>) Dont Seine : 20.  
 (<sup>3</sup>) Dont Paris : 240.  
 (<sup>4</sup>) Dont Paris : 140.  
 (<sup>5</sup>) Total sans autoroutes.

français plus le réseau national, à peu de chose près) et 3,47 centimes/véhicule-km pour les zones urbaines, soit 4,51 centimes/véhicule-km pour l'ensemble du réseau.

Le coût du programme de seize ans 1956-1972 est de 5,9 centimes/véhicule-km pour le réseau rural, de 4,4 pour le réseau urbain et de 5,31 pour l'ensemble. Pris isolément, le programme inter-États urbain est relativement plus coûteux: 6,25 centimes/véhicule-km par rapport à 5,3 centimes/véhicule-km pour la partie rurale du même programme.

Rappelons que, par comparaison avec l'Europe, les ressources tirées d'une taxe sur l'essence de 13 centimes/litre aux États-Unis ont un rendement double du fait que la consommation d'essence aux 100 kilomètres est double (16 litres au lieu de 8 litres). Remarquons également que les pays à fort parcours spécifique disposent d'un avantage sur les autres, à savoir que les points, donc les investissements, dépendent de l'effectif alors que les recettes de la taxe dépendent du parcours. Les pays à forte densité ont un autre avantage, c'est que pour une même population ils ont une longueur de réseau moins grande.

A population égale, l'Allemagne fédérale aura donc,

Comme on va le voir, l'affectation aux différents réseaux d'une fraction du produit de la taxe sur l'essence au prorata des kilomètres parcourus sur les différents réseaux, les réseaux les moins avantagés par cette répartition disposant en outre, comme maintenant d'ailleurs, d'un prélèvement sur le produit de l'impôt foncier et d'autres impôts sur les rentes (tels que la patente et l'impôt sur l'emploi), permettrait d'annuler rapidement les inconvénients du système actuel et de rattraper le retard pris dans les investissements aussi bien en ville qu'en rase campagne.

Le tableau ci-dessous contient les redevances kilométriques (en centimes) correspondant à diverses valeurs de la taxe sur l'essence et de la consommation spécifique des voitures de tourisme.

On voit que les programmes américains correspondant à 4,60 centimes/véhicule-km et 5,30 centimes/véhicule-km (respectivement budget 1961 et programme de seize ans) nécessiteraient dans les conditions américaines des taxes de 28,7 et 33,1 centimes/litre, au lieu du chiffre actuel de 13 centimes/litre qui fournit donc moins de la moitié du financement nécessaire.

Avec une consommation moyenne de 10 litres/100 km, qui sera peut-être la consommation européenne

Consommation en litres/100 km	Taxe en centimes/litre								
	20	25	28,7	30	33,1	35	41	46	53
8	1,60	2,00		2,40		2,80			
10	2,00	2,50				3,50		4,60	5,30
13	2,60	3,25				4,55	5,30		
16 <sup>(1)</sup>	3,20	4,00	4,60		5,30	5,60			

(<sup>1</sup>) États-Unis.

pour un réseau routier de qualité équivalente, un budget routier moins élevé et, à niveau égal de taxe sur l'essence, disposera de ressources plus élevées. C'est dire que dans toute mesure d'harmonisation des politiques routières, les difficultés les plus grandes proviendront de pays sous-peuplés et à faible parcours spécifique comme la France et non de pays comme les Pays-Bas et l'Allemagne.

On peut également conclure de ce qui précède que les restrictions de fait de la circulation automobile dans les villes ne sont pas un mal inéluctable, excepté pour quelques grandes métropoles comme New York et Paris, celle-ci étant la seule de sa taille dans l'Europe des Six.

Puisqu'aux États-Unis on résout les problèmes de la congestion en dépensant en général par véhicule-km moins en ville qu'à la campagne, en ville, quand on fera à temps les investissements et qu'on saura résoudre le problème des rentes foncières qui a en Europe ou tout au moins en France une acuité bien plus grande qu'aux États-Unis, on verra que les hauts niveaux de circulation apportent avec eux la solution des problèmes qu'ils créent.

quand la réduction de la taxe que nous proposons aura produit ses effets, il faudrait des niveaux de taxe sur l'essence de 46 centimes ou de 53 centimes/litre.

Ces taux, on l'a vu en 3.51.1, sont trop élevés. Pour les éléments plus coûteux du réseau, c'est-à-dire les autoroutes de rase campagne et les autoroutes urbaines, d'autres ressources sont donc nécessaires: péages ou taxes de congestion, auxquels il faut ajouter encore, pour les autoroutes urbaines, un prélèvement sur les rentes foncières ou autres. Il paraît donc naturel de déterminer le taux de la taxe sur l'essence de manière à réaliser l'équilibre budgétaire pour le réseau 2, c'est-à-dire le réseau rural de grande communication (en France, réseau national sans les autoroutes et les traverses urbaines), réseau non congestionné, et ne justifiant donc pas l'application de péages purs, mais seulement de péages de coût et de péages d'équilibre.

C'est pour la France seulement que nous possédons des données suffisantes pour faire ce calcul.

D'après le tableau n° 4, une taxe de 21,7 centimes/litre aurait suffi en 1964 (que nous arrondissons à 23 centimes pour tenir compte des véhicules-km effectués sur



les autoroutes). Mais la France envisage une forte expansion de son budget routier au cours des années 1966-1970 qui correspondent à la durée de son V<sup>e</sup> Plan. Le budget des routes nationales, autoroutes exclues mais dépenses de fonctionnement comprises (exception faite de celles de la police de la circulation), sera en moyenne de 2 milliards par an.

En admettant une croissance du trafic de 10% par an, le trafic en 1968 sera de  $67,5 \times 1,4 = 94,5$  milliards de véhicules-km. Nous retranchons de ce chiffre les véhicules-km effectués sur les autoroutes évalués à 10,5 milliards; il reste donc 84 milliards de véhicules-km.

La dépense par véhicule-km est par conséquent de  $\frac{2}{84} = 0,024$  FF, soit 2,4 centimes, ce qui correspond à une taxe sur l'essence de 30 centimes/litre. Dans une étape ultérieure, il faudra intégrer les dépenses de police de la circulation; il y a lieu en outre de prendre une certaine marge pour les pays pour lesquels nous avons moins de renseignements.

Nous proposons donc comme objectif la fixation de la partie défiscalisée de la taxe sur l'essence entre 30 et 35 centimes/litre.

Dans les étapes intermédiaires, la partie défiscalisée sera évidemment inférieure, mais nous proposons de fixer dès maintenant, sur cette base, l'allocation à allouer aux autoroutes par prélèvement sur le fonds d'essence. Elle devra donc être de l'ordre de 2,80 centimes pour les autoroutes de rase campagne (2,40 centimes pour 30 centimes); pour les villes où la consommation atteint 13 litres aux 100 km, l'allocation devra être de 4,55 centimes (3,90 centimes pour 30 centimes).

Une taxe de 30 centimes permet de financer à 45% un programme routier analogue au programme américain<sup>(1)</sup>, d'un prix de revient moyen de 5,30 centimes/véhicule-km. Pour une taxe de 35 centimes, le pourcentage de couverture serait de 53. On verra en 9.1 qu'il est facile de couvrir le reste par des péages en rase campagne.

Pour les autoroutes urbaines, on disposera d'une allocation plus élevée et, quand le prix unitaire de l'ouvrage sera trop élevé, comme conséquence directe ou indirecte du coût des expropriations, il sera fait appel à des allocations provenant des impôts sur les rentes.

Un versement sur ces bases aurait représenté pour Paris, en 1964, 214 millions, c'est-à-dire 56% du budget de cette année.

Le produit d'une taxe de parking, calculée sur la base de 8 FF/jour, serait de 250 millions pour les 120 000 places situées dans le centre seulement, pour 260 jours ouvrables par an. L'ensemble des deux taxes aurait dépassé le budget des dépenses de 1964.

(1) Aux États-Unis, les ressources affectées aux dépenses routières se divisent en  
— 47 % de taxes sur les carburants;  
— 22 % de licences et de taxes à la vente;  
— 27 % d'autres taxes, dont principalement l'impôt foncier;  
— 3,5% de péages.

En ce qui concerne le réseau rural secondaire, étant donné le surinvestissement qu'on y constate et l'existence de ressources traditionnelles parfaitement adaptées et économiquement neutres, l'allocation de 2,80 centimes ne sera pas attribuée au cours de la période transitoire, excepté quand il s'agira d'itinéraires particulièrement congestionnés qu'il y aurait lieu de doubler par un itinéraire nouveau. Cet itinéraire devra être réalisé sur fonds d'emprunt avec l'obligation d'y percevoir des taxes sous forme de péages ou de vignettes.

Après lecture du paragraphe suivant (8.2), il apparaîtra que la méthode employée ci-dessus pour déterminer le taux de la taxe sur l'essence en fonction de l'équilibre budgétaire du réseau 2 n'était qu'approchée.

En effet, les péages de coût (réduits aux frais de grosses réparations) évalués à 125 millions de francs (8.2) étant imputés intégralement aux poids lourds, il aurait fallu ci-dessus retrancher du budget total les dépenses de grosses réparations.

Si l'on admet que ces dernières représentent, comme en 1965, 9,6% du total ( $\frac{125}{1295}$ ), les taux calculés ci-dessus de la taxe sur l'essence devraient être multipliés par  $1 - \frac{125}{1295} = 90,4\%$ . Les chiffres de 21,7; 23; 30 et 35 centimes/litre calculés ci-dessus dans diverses hypothèses deviendraient alors respectivement: 19,6; 20,8; 27 et 31,6 centimes/litre.

Le chiffre de 35 centimes adopté dans ce rapport laisse donc une certaine marge, d'autant plus qu'une étude plus approfondie conduira sans doute, comme il est indiqué en 8.2, à imputer aux poids lourds avant toute répartition à la fois les péages de coût et les « incremental costs » qui représentent plus de 9,6% du total. Cependant, en raison de l'incertitude des données et de la nécessité de reprendre les calculs en tenant compte des renseignements provenant des cinq autres pays, nous conservons dans ce rapport le chiffre de 35 centimes qui, rappelons-le, est donné à titre indicatif.

## 8.2 MODE DE DÉTERMINATION DE LA TAXE SUR LE DIESEL ET DES LICENCES DE POIDS LOURDS

La taxe sur l'essence a été déterminée en 8.1 en tenant compte de considérations diverses mais qui conduisent à la condition d'assurer un équilibre budgétaire approximatif pour le réseau 2 (c'est-à-dire le réseau national non congestionné). On a adopté pour la commodité le réseau 2 français.

Le problème se pose maintenant de déterminer une taxation des poids lourds composée de taxes annuelles sur les véhicules utilitaires et de taxes sur le gasoil, que l'on n'envisage que sous la forme péréquée à l'échelon national<sup>(1)</sup>.

(1) Des redevances localisées tenant compte de la congestion s'ajoutant à ces taxes, mais seulement sur les réseaux 3 et 4.

Pour cela on se basera, autant que faire se peut, sur des considérations économiques.

Le calcul présenté ici n'a pour but que d'illustrer une méthode générale. Il faut donc considérer les résultats uniquement comme ayant une valeur indicative.

### 8.21 Détermination de la somme totale à percevoir sur les véhicules utilitaires

La somme totale perçue sur les poids lourds doit être dans un certain rapport avec celle perçue sur les véhicules de tourisme. On a admis que la répartition entre véhicules légers et poids lourds des recettes fiscales totales devrait être effectuée en tenant compte comme suit de la ventilation des dépenses totales budgétaires de 1964.

Sur les 1 295 millions de francs dépensés sur le réseau national (sur le budget), à l'exclusion des dépenses de police et des dépenses d'investissement sur autoroutes, on comptait, d'après les résultats de la comptabilité analytique:

- 275 millions correspondant aux investissements;
- 233 millions correspondant aux dépenses d'entretien courant;
- 125 millions correspondant aux dépenses de grosses réparations des chaussées;
- 622 millions correspondant aux frais généraux, c'est-à-dire aux rémunérations de l'ensemble du personnel des ponts et chaussées.

nettes): 135,7 millions de véhicules-km;

- véhicules lourds: 21,3 millions de véhicules-km;
- véhicules de transports en commun: 2 millions de véhicules-km.

On a adopté les coefficients d'équivalence généralement admis sur le plan international de 2 pour les véhicules lourds et de 2,5 pour les véhicules de transport en commun, par rapport aux voitures de tourisme (voir tableau n° 5).

La part des véhicules utilitaires dans la circulation totale est ainsi de:

$$\frac{(21,3 \times 2) + (2 \times 2,5)}{135,7 + (21,3 \times 2) + (2 \times 2,5)} = \frac{47,6}{183,3} = 26\%$$

Sous ces hypothèses, on devrait donc imputer aux véhicules utilitaires  $125 + (0,26 \times 1\,170) = 425$  millions de francs, contre  $0,74 \times 1\,170 = 870$  millions de francs aux véhicules légers.

Pour chaque niveau de taxe sur l'essence (20 centimes/litre et 35 centimes/litre), les recettes fiscales totales perçues sur les véhicules légers seraient:

$$87 \times 10^9 \times 0,20 \times 8 \times 10^{-2} = 1\,390 \text{ millions de francs dans le premier cas }^{(1)};$$

$$87 \times 10^9 \times 0,35 \times 8 \times 10^{-2} = 2\,430 \text{ millions de francs dans le deuxième cas.}$$

TABLEAU N° 5

#### Coefficients d'équivalence des véhicules utilitaires (en unités de voiture particulière)

Types d'infrastructure	Camions sans remorque	Trains routiers	Autocars	Moyenne
Route à 2 voies rase campagne	2 à 2,5	2 à 3,5	2	2,5
Route à 3 voies rase campagne	—	—	—	2,5 à 4,7
Route à 4 voies rase campagne	1,6	1,6 à 2	2,8	2
Route à 2 voies rampes 200 m 4%	4	7		
Route à 2 voies rampes 1000 m 6%	6	10		
Route en terrain vallonné 2 voies	4	7	4	
Route en terrain vallonné 4 voies	3,2	5,6	3,2	
Carrefours en zone urbaine	1 à 2	2 à 2,5	2,5	

Sur ce total, les 125 millions de grosses réparations, soit environ 10%, sont indiscutablement à porter au débit de la circulation des poids lourds. Pour le reste, soit 1 170 millions, on a admis que la répartition la plus logique était celle au prorata des véhicules-km pondérés par des coefficients d'équivalence relatifs à l'occupation de la capacité.

Or, d'après le recensement de la circulation sur les routes nationales en 1965, les parcours journaliers moyens étaient les suivants:

- véhicules légers (voitures de tourisme et camion-

Pour respecter l'égalité de traitement entre poids lourds et véhicules légers, il faudrait donc percevoir sur la circulation des premiers:

$$1\,390 \times \frac{425}{870} = 680 \text{ millions de francs dans le premier cas}$$

$$\text{et } 2\,430 \times \frac{425}{870} = 1\,190 \text{ millions de francs dans le deuxième cas.}$$

Sur chacune de ces sommes, on considérera dans la

<sup>(1)</sup> 87.10<sup>9</sup> est le nombre des véhicules-km correspondant aux voitures sur le réseau total français en 1964 (voir 8.1).

suite que  $\frac{125}{425} = 30\%$  correspondent à une contribution à la réparation des dégradations des chaussées (péages de coût) et 70% à une participation aux dépenses générales sur le réseau national.

## 8.22 Calcul de la taxe sur le gasoil

Nous avons envisagé deux méthodes pour déterminer le niveau de la taxe sur le gasoil. Ces deux méthodes devraient d'ailleurs, si notre information était parfaite, donner le même résultat, comme nous le montrons dans l'annexe 8.22.

La première méthode consiste à déterminer la taxe de manière que, pour un certain camion dit camion limite, et pour un parcours annuel correspondant au parcours moyen fait par le camion de ce tonnage, il soit indifférent d'utiliser le diesel ou l'essence.

La taxe dont il s'agit est, bien entendu, la partie défiscalisée de la taxe sur le gasoil, c'est-à-dire celle qui est un prix d'infrastructure; les taxes de droit commun (TVA sur l'achat des véhicules et TVA sur le diesel) sont fixées suivant des critères qui ne sont pas étudiés dans le présent rapport.

Ceci dit, la taxe défiscalisée devrait être telle que le choix entre essence et gasoil pour le camion limite précédemment défini soit le même pour le taux choisi de la taxe défiscalisée et pour le taux nul de cette taxe.

La deuxième méthode consiste à déterminer le taux de la taxe de manière que la taxe payée par le camion limite précédent soit la même pour le camion diesel et pour le camion essence pour un parcours annuel identique.

L'application de cette deuxième méthode est plus facile car, le rapport des consommations spécifiques en diesel et essence variant peu avec le tonnage, le taux calculé dépendra peu du tonnage limite retenu.

Pour le camion de 3 tonnes, les consommations spécifiques (en litres par 100 km) sont 23,4 pour le diesel et 32,7 pour l'essence; pour le camion de 5 tonnes, on a 24,8 (diesel) et 37 (essence).

On aboutit aux résultats suivants:

	Taxe sur le gasoil	
	1 <sup>re</sup> hypothèse camion limite 3t	2 <sup>e</sup> hypothèse camion limite 5t
1 <sup>er</sup> cas taxe sur l'essence 20 c.	28 c.	30 c.
2 <sup>e</sup> cas taxe sur l'essence 35 c.	49 c.	52,3 c.

Rapport des taxes (par exemple  $\frac{49}{35}$ ) = rapport des consommations spécifiques  $\frac{32,7}{23,4}$ .

Il semble, d'après les renseignements que nous repro-

duisons en annexe 8.22, que le camion limite soit d'un tonnage supérieur à 5 tonnes, donc que la taxe sur le gasoil doit être légèrement supérieure aux chiffres de la 2<sup>e</sup> hypothèse.

Si nous appliquons la proportion de 150% retenue par l'administration américaine, nous obtiendrions une taxe sur le gasoil de 52,5 c. pour la taxe sur l'essence de 35 c. et de 30 c. pour la taxe sur l'essence de 20 c.

Nous avons adopté, pour les raisons qui sont explicitées plus loin, des chiffres légèrement inférieurs: 1<sup>er</sup> cas: 28 c. — 2<sup>e</sup> cas: 50 c., et ceci à titre provisoire en attendant des études économiques plus complètes basées sur une enquête plus étendue.

## 8.23 Calcul des taxes annuelles sur les véhicules utilitaires

Les taxes annuelles sur les véhicules utilitaires seront alors déterminées par différence entre le résultat du calcul de répartition des dépenses d'infrastructure entre toutes les catégories de véhicules et le montant des paiements annuels au titre de la taxe sur le gasoil calculée comme indiqué au paragraphe précédent.

### 8.23.1 RÉPARTITION DES DÉPENSES DE GROSSES RÉPARATIONS DES CHAUSSÉES

On appliquera ici les résultats des tests AASHO rectifiés par le Laboratoire central des ponts et chaussées pour tenir compte des caractéristiques des chaussées européennes. L'équivalence entre deux essieux se mesure alors par une puissance du rapport du poids de ces essieux égale à 4 en moyenne, mais pouvant atteindre 6 à 8 pour les essieux en surcharge par rapport au code de la route français (charge maximum autorisée pour un essieu égale à 13 tonnes).

La dégradation causée par un véhicule ne dépend pas uniquement de son poids total en charge mais aussi du nombre et de la disposition de ses essieux. On distingue alors en général un certain nombre de «silhouettes» dont l'équivalence par rapport à un essieu de 13 tonnes, pour le poids total en charge maximum autorisé (PTC) pour chacune par le code de la route, est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Pour une même silhouette, l'équivalence par rapport à un essieu de 13 tonnes se calcule alors en multipliant le coefficient du tableau par  $\left(\frac{\text{PTC}}{\text{PTC max}}\right)^4$ .

Ainsi un camion à deux essieux de 16 tonnes de PTC aura un coefficient d'équivalence de:  $\left(\frac{16}{19}\right)^4 \times 1,04 = 0,525$ .

Pour répartir les dépenses de grosses réparations et de renforcement entre les diverses catégories, il faudrait connaître le pourcentage de la circulation totale de poids lourds sur le réseau national effectué par les véhicules de silhouettes et de PTC différents. Mais les statistiques disponibles sur ce sujet sont insuffisantes.

Silhouette	Description <sup>(1)</sup>	PTC maximum autorisé	Charge des divers essieux en tonnes <sup>(2)</sup>	Équivalence par rapport à un essieu de 13 t
1	camion à deux essieux	19 t	6-13	1,04
2	camion à trois essieux	26 t	5-21 (ta)	0,88
3	semi-remorque à un essieu	32 t	6-13-13	2,04
4	semi-remorque à essieux jumelés	35 t	6-11-18 (ta)	1,01
7	camion à deux essieux avec remorque	35 t	6-13-8-8	1,32

(1) Il s'agit des silhouettes principales sur le réseau français; les tracteurs des semi-remorques sont à deux essieux.

(2) La mention (ta) indique qu'il s'agit d'essieux tandems.

A titre d'approximation, on opérera donc comme suit:

- a) connaissant les parcours (en véhicules-km) effectués par les véhicules appartenant aux classes suivantes (il est possible de distinguer en plus le type: camions, semi-remorques et remorques):

0,5 t de CU, c'est-à-dire moins de 1 tonne  
 1,2 t de CU, „ de 1 t à 1,7 t  
 2 t de CU, „ de 1,8 t à 2,9 t  
 3,5 t de CU, „ de 3 t à 4,5 t  
 5 t de CU, „ de 4,6 t à 6,5 t

TABLEAU N° 6

Silhouette	PTC	Effectifs totaux	Coefficients d'équivalence par rapport à l'essieu de 13 t	Effectifs pondérés	Péage de coût annuel par véhicule (en francs)			
					Cas 1	Cas 2		
1	12	3 000	0,16	480	400	700		
	13						530	970
	14						720	1 260
	15						970	1 700
	16						1 300	2 280
	17						1 650	2 900
	18						2 030	3 240
	19						2 600	4 500
2	26	4 600	0,88	4 050	2 200	3 800		
3	21	5 000	0,55	2 750	1 350	2 400		
	22							
	23							
	24							
	25							
3	26	4 300	1,2	5 150	3 000	5 200		
	27							
	28							
	29							
	30							
	31	3 000	1,83	5 500	4 500	8 000		
	32	3 000	2,04	6 250	5 150	9 100		
4	35	7 000	1,01	7 070	2 500	4 400		
7	35	4 000	1,32	5 300	3 300	5 700		
				82 260			204 <sup>(1)</sup>	357 <sup>(2)</sup>

(1) 204 millions de F., soit 30% de 680 millions (cf. p. 96).

(2) 357 millions de F., soit 30% de 1 190 millions (cf. p. 96).

Nota

1. Les calculs précédents négligent les véhicules de silhouette 1 inférieurs à 12 t de PTC et de silhouette 3 inférieurs à 21 t de PTC. On le justifie par le fait que leur nombre est faible et que, surtout, leur parcours moyen est inférieur à 25 000 km. Ils n'interviennent donc que très peu dans la répartition.

2. Les effectifs considérés comprennent tous les véhicules privés ou publics effectivement en service en 1964. En fait, on peut penser que les véhicules pour compte propre effectuent un parcours annuel plus faible (ce n'est d'ailleurs pas une raison pour les taxer moins, conformément aux considérations développées à l'annexe 8.4).

7 t de CU,	„	de 6,6 t à 8,9 t
10 t de CU,	„	de 9 t à 12,9 t
15 t de CU,	„	de 13 t à 16,9 t
21 t de CU,	„	plus de 17 t;

b) faisant l'hypothèse

- que tous les camions de  $CU \leq 13$  t sont de silhouette 1,
- que tous les camions de  $CU > 13$  t sont de silhouette 2,
- que le nombre de véhicules de silhouette 7 est égal au nombre de remorques,
- que, conformément à une étude récente, 45 % des semi-remorques sont de silhouette 3 et 55 % de silhouette 4, au moins pour la classe de 21 t de CU, et sont de silhouette 3 dans les autres classes;

c) négligeant dans la répartition tous les véhicules de  $CU < 9$  t (les coefficients d'équivalence sont inférieurs à 0,05);

d) admettant, comme les enquêtes semblent le montrer, que les parcours annuels moyens de tous les véhicules de  $CU > 9$  t sont voisins et égaux à 60 000 km;

e) admettant que les effectifs des camions à deux essieux et les semi-remorques de silhouette 3 se répartissent comme il est indiqué entre les différents tonnages de PTC;

f) admettant que tous les camions de silhouette 2 ont 26 t de PTC, que toutes les semi-remorques de silhouette 4 ont 35 t de PTC, et que tous les ensembles de silhouette 7 ont 35 t de PTC (ce qui, compte tenu du régime des licences de transport, est très voisin de la réalité),

on obtient les résultats consignés dans le tableau n° 6.

### 8.23.2 RÉPARTITION DES DÉPENSES GÉNÉRALES

Les résultats du calcul de répartition des dépenses générales imputées aux poids lourds se présentent comme suit:

Classes de CU	Coefficients d'équivalence <sup>(2)</sup>	Milliards de véhicules-km	Milliards de véhicules-km pondérés	Effectifs	Somme à percevoir annuellement par véhicule (en francs)	
					Cas 1	Cas 2
1,2	1	2,4	2,4	318 000	250	440
2	1	1,8	1,8	203 000	290	510
3,5	1	0,4	0,4	78 000	170	300
5	1	1,4	1,4	105 000	445	780
7	4/3	0,85	1,13	48 000	785	1 370
10	5/3	2,6	1,33	69 700	2 080	3 640
15	2	0,21	0,42	12 700	2 500	5 450
21	8/3	0,73	1,95	13 200	4 900	8 600
		Total	13,83	847 600	476 <sup>(1)</sup>	833 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Soit 70 % de 680 millions ou 1 190 millions (cf. p. 96).

réparations, renforcements, etc. qui sont directement imputables aux essieux lourds et dont on devrait calculer la variation marginale lorsqu'un essieu supplémentaire d'un poids donné parcourt un kilomètre, il est possible d'imputer à chaque type de véhicule une part assez importante des dépenses d'entretien courant (réfections de revêtements superficiels, . . . ; police) qui est marginalisable et donc directement imputable.

Ce n'est donc pour finir que le déficit éventuel, c'est-à-dire la différence entre les dépenses de l'année sur le réseau 2 et les recettes provenant de la circulation sur le même réseau, correspondant au paiement de tous les coûts marginaux, qu'il faudrait envisager, dans l'optique du rapport, de répartir de manière conventionnelle comme ci-avant.

Il est impossible, avant d'avoir effectué le calcul, de dire si l'approximation faite ici avantage ou désavantage les véhicules de gros tonnage.

Sous les réserves précédentes, les calculs permettent de constater que les taxes proposées sont d'autant plus fortes que le niveau de la taxe sur l'essence est plus élevé.

D'autre part, les catégories de poids lourds de faible tonnage paraissent actuellement surtaxées alors que celles de fort tonnage (essentiellement la catégorie de 21 tonnes) paraissent sous-taxées.

Cependant, il semble nécessaire, avant de conclure, d'instituer de nouvelles recherches qui devraient porter notamment sur les points suivants:

- 1° taux des dépenses d'entretien directement imputables aux poids lourds;
- 2° coefficients d'équivalence en ce qui concerne les coûts marginaux d'usage.

### 8.23.3 RÉSULTATS D'ENSEMBLE. CONCLUSIONS

En définitive, on obtient par différence les valeurs des taxes annuelles sur les véhicules comme indiqué au tableau 7.

Les calculs précédents n'utilisent qu'une méthode approchée. En fait, en plus des dépenses de grosses

La nouvelle méthode conduit à proposer une taxe sur le diesel supérieure à la taxe sur l'essence. C'est évi-

TABLEAU N° 7

Cas 1: Taxe sur l'essence 20 c/l; taxe sur le gasoil 28 c/l  
 Cas 2: Taxe sur l'essence 35 c/l; taxe sur le gasoil 50 c/l

I	II	IIIa Cas 1	IIIb Cas 2	IVa Cas 1	IVb Cas 2	Va Cas 1	Vb Cas 2
Silhouette	Classe C.U. et P.T.C. nominal (en tonnes)	Somme totale à percevoir annuellement par véhicule (en francs)		Montant des paiements annuels de taxes sur les carburants (en francs)		Taxes annuelles sur les véhicules à percevoir (en francs)	
1	1,2	250	440	274	480	—	—
1	2	290	510	420	725	—	—
1	3,5	170	300	655	735	—	—
1	5	445	780	1 180	1 325	—	—
1	7/12	1 185	2 070	1 800	2 020	—	—
	7/13	1 315	2 340	1 800	2 020	—	320
	7/14	1 505	2 630	1 800	2 020	—	610
	7/15	1 755	3 070	1 800	2 020	—	1 050
1	10/16	3 380	5 920	3 500	3 940	—	1 980
	10/17	3 730	6 540	3 500	3 940	—	2 600
	10/18	4 110	6 880	3 500	3 940	610	2 940
	10/19	4 680	9 140	3 500	3 940	1 180	5 200
2	15/21	4 700	9 250	4 200	4 720	500	4 530
3	10/21 à 25	3 430	6 040	3 500	3 940	—	2 100
	15/26 à 30	5 500	10 650	4 200	4 720	1 300	5 930
	21/31	9 400	16 600	7 450	8 400	1 950	8 200
	21/32	10 050	17 700	7 450	8 400	2 600	9 300
4	21/35	7 400	13 000	7 450	8 400	—	4 600
7	21/35	8 200	14 300	7 450	8 400	750	5 900

demment une conclusion révolutionnaire qui va à l'encontre des tendances suivies jusqu'à présent par tous les pays de la Communauté, mais plus particulièrement par les Pays-Bas et la Belgique. Si l'on se réfère à l'exemple américain, il semblerait à première vue qu'elle devrait conduire à un bouleversement de la répartition du tonnage entre le diesel et l'essence, qui pourrait avoir des inconvénients pour les constructeurs européens qui, dans l'immédiat, ne pourraient pas présenter pour les gros tonnages essence des modèles compétitifs avec les modèles américains.

Cependant, l'exemple de l'Allemagne où les taxes sur l'essence et sur le gasoil sont assez voisines (voir tableau en annexe 8.22) montre que d'autres causes doivent intervenir aux États-Unis. Très probablement, les modèles américains de camions diesel, et surtout ceux de faible tonnage, doivent être médiocres, alors qu'au contraire les camions essence de fort tonnage sont particulièrement réussis, une situation inverse existant en Europe.

Il est à remarquer que la méthode proposée surtaxe, dans le cas de la taxe sur l'essence à 35 c. et de la taxe sur le gasoil à 50 c., par le moyen de la taxe diesel, les véhicules jusqu'à une charge utile d'environ 7 tonnes.

On perçoit notamment à l'occasion de cette étude que la taxation de l'acte de transport par le biais de la taxe sur les carburants donne des résultats imparfaits; en raison de la diversité des tonnages et de la variation des parcours annuels moyens, la taxe, même corrigée par une taxe-licence annuelle, ne peut être correcte que pour un seul tonnage, et pour un parcours annuel déterminé. Quelle que soit la méthode utilisée, les faibles tonnages sont défavorisés. D'autre part, les hauts tonnages du fait que la taxe annuelle est forfaitaire) sont favorisés dès qu'ils dépassent le kilométrage pour lequel cette taxe est calculée.

Il est possible qu'en première étape le principe d'une taxe sur le gasoil égale à la taxe sur l'essence soit plus facile à faire admettre par la profession, son inconvénient étant de favoriser les tonnages lourds quand ils dépassent le kilométrage retenu.

Dans les pays où la taxe sur l'essence est supérieure à 50 centimes, on pourrait dès la première étape adopter le chiffre de 50 centimes pour la taxe diesel.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Rappelons que, dans ce rapport, on se limite à des propositions pour la partie des taxes à défiscaliser, les taxes de droit commun étant évidemment déterminées par des critères étrangers à l'objet de ce rapport.

Par contre, dans les pays où cette taxe est actuellement inférieure à 50 centimes, on pourrait adopter, en première étape, une taxe diesel égale à la taxe sur l'essence.

On déciderait en définitive pour le taux commun aux six pays entre 35 et 50 centimes au moment où la taxe sur l'essence serait harmonisée à 35 centimes, ceci après reprise des calculs du présent chapitre en utilisant des données plus précises et plus complètes. On comprend donc que nous n'ayons pas retenu l'hypothèse qui nous avait conduit à une taxe sur le gasoil supérieure à 50 centimes.

Les délais de cette harmonisation permettront aux constructeurs européens de s'adapter progressivement à la situation nouvelle, en créant et en perfectionnant notamment les nouveaux modèles de camions à essence de fort tonnage qui n'existent pratiquement pas en Europe.

*Nota:* Différences entre les chiffres des paragraphes 8.1 et 8.2.

Compte tenu du dernier rapport de la Commission des comptes des transports de la nation, les chiffres du tableau n° 4 sont à rectifier comme suit:

	Réseau national			Réseaux dép. + com. + nat.		
	I	II	III	I	II	III
Investissements autoroutes	354					
Investissements routes nationales	275	0,42	5,2			
Total investissements	629	0,93	11,6	2 063		
Entretien	358	0,53	6,6			
Fonctionnement	662	0,98	12,3			
Total entretien et fonctionnement	1 020	1,51	18,9	3 180		
<b>Total général</b>	<b>1 649</b>	<b>2,44</b>	<b>30,5</b>	<b>5 243</b>	<b>4,7</b>	<b>59</b>

Les chiffres indiqués au paragraphe 8.21 à la page 96 pour les parcours journaliers moyens sont ceux du recensement de 1965, alors que ceux du paragraphe 8.1 sont des estimations pour 1964 faites à partir des indices de la circulation et du recensement de 1960. Cependant, les pourcentages sont voisins:

$$\frac{(9,5 \times 2) + (0,86 \times 2,5)}{46,5 + (9,5 \times 2) + (0,86 \times 2,5)} =$$

30% au paragraphe 8.1 au lieu de  
26% au paragraphe 8.2.

Le paragraphe 8.2 ayant été rédigé postérieurement au paragraphe 8.1, il a été estimé préférable de tenir compte des données les plus récentes. Cependant, il n'a pas été jugé utile de refaire les calculs du paragraphe 8.1 avec les nouveaux chiffres, étant donné que ces calculs ont un caractère illustratif et que, de toute façon, il y aura lieu de les reprendre avec des données plus précises et plus récentes au moment d'une application éventuelle.

## 8.3 MODE DE DÉTERMINATION DES PÉAGES ET REDEVANCES

### 8.30 Taxation des voitures de tourisme

Les niveaux des taxes sur le diesel et des licences de poids lourds étant ainsi fixés, il nous reste à traiter la question des licences des voitures de tourisme. Une différenciation rationnelle de celles-ci devrait conduire à taxer les véhicules anciens et lents plus que les véhicules puissants et modernes. Étant donné les difficultés psychologiques qu'entraînerait une différenciation dans ce sens, il ne paraît guère possible de faire autre chose que d'adopter des licences égales pour toutes les voitures.

Aux considérations développées en 3.51.2 et 5.23, qui conduisent à donner une valeur nulle aux licences voitures, nous ajouterons celle qui suit.

Une fois la voiture acquise, le conducteur ne tient compte dans ses décisions de voyage que des dépenses marginales, négligeant le coût de la voiture. Il néglige également les taxes d'achat et même les licences annuelles.

Pour faire échec au comportement marginaliste de l'automobiliste, la taxation doit être autant que possible marginale. Ceci est donc une nouvelle raison de préférer la taxe sur l'essence à la taxe sur les voitures.

Le problème de la concurrence route-rail n'a pas été examiné dans ce rapport. Sa prise en compte donnerait sans doute des arguments supplémentaires en faveur de la taxation marginale.

La même considération de concurrence conduirait à une taxation sur le diesel plus forte, ce qui amènerait à relever le tonnage d'indifférence essence-gasoil. Une telle solution — on l'a vu en 8.2 — a d'autres avantages (plus grande fluidité des camions à essence). La réglementation pourrait aider en imposant des vitesses plus élevées.

L'annulation du taux des licences des voitures de tourisme n'interviendra cependant qu'en deuxième étape. Jusque-là, le produit des licences continuera à alimenter les budgets généraux.

Les taxes d'achat devront être réduites au niveau résul-

tant du droit commun fiscal en vigueur pour des équipements de nature analogue. Elles continueront, bien entendu, à être perçues au profit des budgets généraux.

### 8.31 Fixation des péages et redevances

Il nous reste maintenant à préciser les modalités de fixation des différentes catégories de péages ou de redevances qui en tiennent lieu. Nous allons traiter simultanément le problème de l'imputation des péages de coût, le problème de la perception des péages de congestion et le problème de l'imputation du déficit, c'est-à-dire des redevances et péages destinés à établir l'équilibre budgétaire (péages d'équilibre).

Dans chaque cas, il y aura lieu de considérer séparément ce qui se passe en pointe et hors pointe, ce qui se passe pour les véhicules de tourisme et les poids lourds, ce qui se passe pour les réseaux à péage et les réseaux sans péage.

#### 8.31.1 PÉAGES DE COÛT

##### 8.31.11 *Taxation*

###### a) Voitures de tourisme

Dans le paragraphe 8.2, on a considéré que le coût d'entretien occasionné par les véhicules de tourisme était négligeable sur les routes ordinaires. Il est à plus forte raison négligeable sur les autoroutes. Il n'y a donc de péages de coût à percevoir que pour les poids lourds, aussi bien sur route que sur autoroute.

###### b) Poids lourds

Le calcul effectué au paragraphe susvisé aboutit à la conclusion que 52% du montant calculé des licences poids lourds représentent un péage de coût.

Notre proposition consiste donc à faire payer un péage de coût aux poids lourds sous forme d'une fraction du coût de la licence (qui, on le verra, sera ristournée, au prorata des véhicules-km, à l'organisme autoroutier).

##### 8.31.12 *Péages autoroutiers*

Le coût d'entretien occasionné par chaque véhicule-km de poids lourd est pratiquement nul.

Il n'y aura donc pas, dans les péages autoroutiers, de terme correspondant aux péages de coût, qu'il s'agisse de voitures de tourisme ou de poids lourds.

Mais il y a lieu en outre de tenir compte du fait que dans les licences déjà payées par les poids lourds il existe une fraction de 52% représentant les péages de coût en fonction des parcours moyens sur les routes traditionnelles.

Quel sort devra, dans ces conditions, être fait à l'allocation provenant des licences de poids lourds et qui sera attribuée aux organismes autoroutiers en même temps que l'allocation d'essence?

Une position «ultra-marginaliste» consisterait à soutenir que cette ristourne devrait être remboursée aux

poids lourds utilisant l'autoroute sous forme d'une diminution du péage d'équilibre, puisque les poids lourds n'occasionnent aucune dépense d'entretien proportionnelle aux kilomètres parcourus.

En suivant la ligne générale de notre rapport, nous adopterons une position différente en estimant que cette allocation doit rester acquise au budget de l'autoroute en compensation de l'«incremental cost» occasionné par l'épaisseur supplémentaire de chaussée imputable aux poids lourds. L'idée sous-jacente est qu'il y a une sorte d'interchangeabilité entre les péages de coût et les dépenses en capital correspondant à une augmentation de l'épaisseur des chaussées, qui réduit à zéro le péage de coût<sup>(1)</sup>.

#### 8.31.2 TAXES ET PÉAGES DE CONGESTION

##### 8.31.21 *Taxation*

Une fraction importante de la taxe sur les carburants correspond à une taxe de congestion. Suivant les formules vitesse-débit adoptées, l'allocation de 2,80 centimes par véhicule-km correspondant à une taxe sur l'essence de 35 centimes constitue une taxe de congestion correcte pour des débits d'environ 1 000 véhicules par file et des vitesses de 60 à 75 km à l'heure.

Pour des vitesses plus fortes, la taxe optimum est plus faible; pour des vitesses plus faibles, la taxe optimum est plus forte. Le débit de 1 000 véhicules à l'heure par file étant la capacité pratique d'une route en rase campagne, on voit qu'une taxe dépassant 2,80 centimes ne devrait être imposée que quelques heures par an en tant que péage pur.

Par contre, pendant la plus grande partie de l'année, la redevance de 2,80 centimes dépasse le taux de la taxe de congestion. Par exemple, pour une voie dont le trafic de la trentième heure serait de 1 500 véhicules — ce qui est très supérieur à la moyenne des routes rurales de grande communication —, le débit par file serait inférieur à 200 véhicules par heure pendant un tiers du temps, et compris entre 300 et 600 véhicules à peu près la moitié du temps. Les péages de congestion correspondants seraient inférieurs à 0,58 centime pendant la première période et à 1,36 centime pendant la seconde; c'est-à-dire que la différence entre ces chiffres et l'allocation de 2,80 centimes sur les routes ordinaires représente un péage d'équilibre.

##### 8.31.22 *Péages*

On a vu que la redevance de 2,80 centimes par véhicule-km correspondant à la taxe sur l'essence de 35 centimes serait la taxe de congestion résultant de la théorie pour des débits de 1 000 véhicules par file, débits qui sont rarement dépassés sur les autoroutes rurales correctement dimensionnées.

<sup>(1)</sup> Remarquons incidemment que pour les camions chargés sur chemin de fer, l'usager devra bénéficier de l'allocation totale provenant des licences.



L'allocation correspondante pour une grande ville comme Paris, qui est de 4,55 centimes, correspond à un débit par file voisin de 1 500 véhicules/heure, débit qui est lui-même rarement dépassé sur une autoroute urbaine ou suburbaine convenablement dimensionnée. Autrement dit, des péages de congestion importants s'ajoutant aux péages de congestion virtuels de 2,80 centimes ou de 4,55 centimes provenant de la taxe sur l'essence ne seront justifiés, même sur des autoroutes urbaines, que pas beaucoup plus d'une heure par jour, excepté lorsque des phénomènes de saturation conduisant à l'aplatissement des courbes de charge à la pointe seront constatés.

Afin de réduire les pertes économiques (cependant faibles) liées à l'évasion de trafic, nous préconisons l'application de péages nuls pendant les heures creuses de la nuit, c'est-à-dire, dans l'exemple qui précède, pendant un tiers du temps.

Pendant les deux autres périodes, les péages de congestion ne permettant pas de réaliser l'équilibre budgétaire, les péages appliqués seront des péages d'équilibre pour la partie qui dépasse les taxes de congestion calculées plus haut.

### 8.31.3 IMPUTATION DES PÉAGES DE CONGESTION ET DES PÉAGES D'ÉQUILIBRE AUX DIFFÉRENTS USAGERS

#### 8.31.31 *Péages de congestion*

##### a) Voitures de tourisme

Notre proposition est d'appliquer des péages de congestion égaux à toutes les voitures de tourisme. En effet, à la congestion, les véhicules de faible puissance et les véhicules en état mécanique médiocre contribuent à la congestion plus que les véhicules rapides et en parfait ordre de marche; ils devraient donc être pénalisés si on appliquait la règle correcte des coefficients d'équivalence.

En raison des difficultés psychologiques s'attachant à l'application de telles modalités, nous proposons une solution de compromis consistant à appliquer des péages rigoureusement égaux à toutes les voitures de tourisme à la pointe.

##### b) Poids lourds

En ce qui concerne les poids lourds, on appliquera à la congestion des péages calculés en proportion des coefficients d'équivalence figurant au tableau n° 5.

Bien entendu, il convient que des expériences soient conduites au niveau de la Communauté pour déterminer des bases plus sûres et acceptées par tous pour la détermination de ces coefficients.

#### 8.31.32 *Péages d'équilibre*

##### a) Voitures de tourisme

L'imputation aux différents usagers doit être fondée sur une tout autre procédure. En effet, si faible qu'elle soit, il y a lieu d'essayer de réduire l'évasion provoquée par ces péages d'équilibre. Pour y parvenir, il faut se référer à la théorie de l'équilibre budgétaire développée à l'annexe 4.51. Il faudrait se placer sur les courbes de demande de chaque usager en des points correspondant

à des élasticités égales. On devrait donc, en principe, appliquer aux voitures des péages proportionnels à leur bénéfice, soit pratiquement à la valeur du temps qui en est l'élément le plus important.

Comme cette méthode n'est pas pratique, on préférera adopter des péages proportionnels à la consommation d'essence des véhicules. Cette solution est basée sur le fait qu'on peut supposer que chaque usager achète une voiture dont la consommation présente pour lui un optimum.

Pour simplifier on applique la même clé à la partie du péage qui n'est pas un péage d'équilibre, donc au péage total. Étant donné que, en ne pénalisant pas à la pointe les véhicules lents, on a introduit un biais, ce biais sera compensé, tout au moins partiellement, si on donne à ces mêmes véhicules un avantage hors pointe.

Cela diminuera la propension de ces véhicules à circuler à la pointe.

Dans le même ordre d'idées, notons qu'il convient de fixer le péage d'équilibre budgétaire de manière qu'il ne fausse pas la répartition optimum du trafic entre la période de pointe et la période hors pointe.

Il ressort de l'étude faite à l'annexe 4.13 que ce résultat sera obtenu si la différence des péages en pointe et hors pointe est égale à la différence des péages de congestion. Il en résulte qu'il faudra majorer les péages de congestion d'un même péage d'équilibre en pointe et hors pointe; cette règle ne s'applique évidemment pas à la période creuse où on a montré qu'un péage nul correspondait à l'optimum<sup>(1)</sup>.

##### b) Poids lourds

La somme globale qui doit être procurée par le péage d'équilibre est déterminée par la condition d'équilibre budgétaire compte tenu des recettes provenant des péages de congestion et des allocations au véhicule-km (et du prélèvement correspondant sur les licences).

Reste à répartir le déficit correspondant entre poids lourds et voitures de tourisme d'abord, entre catégories de poids lourds ensuite.

1° La première répartition doit se faire au prorata des bénéfices retirés de l'autoroute. Pour simplifier on pourra se limiter à la valeur du temps gagné. Pour les voitures de tourisme, le calcul est simple. Pour les poids lourds, il faut bien entendu tenir compte de la valeur du temps du conducteur et de son aide éventuel, mais aussi des autres économies que permettent des relations plus rapides: économies sur l'amortissement du matériel; économies de frais de déplacement du chauffeur et de l'aide; économies sur l'intérêt de la valeur du chargement.

2° Pour ce qui est de la clé de répartition du péage entre différents poids lourds, une première solution consisterait à adopter à l'intérieur de la catégorie le même principe qu'indiqué ci-dessus.

(1) Voir cependant comment cette opération est nuancée aux par. 2.30 et 2.31.51.

Cependant, il semble préférable d'adopter un péage uniforme pour tous les poids lourds et cela pour les raisons suivantes :

Aux heures creuses tous les poids lourds seront à égalité puisqu'ils ne paieront rien. Il paraît préférable que, pendant les heures intermédiaires, ils soient aussi à égalité de manière à uniformiser, autant que possible, la composition de l'ensemble des poids lourds pendant ces deux périodes. Cette méthode aura l'intérêt d'accroître l'incitation donnée aux poids lourds de plus gros

tonnage de ne pas circuler à la pointe. En effet, l'avantage relatif d'un tel choix sera ainsi plus grand que par l'autre procédure.

Une dernière raison d'adopter cette procédure est qu'elle est la même que celle qui résultera de l'application des tarifs d'abonnement. Les péages de coût sur autoroute étant nuls, les termes proportionnels des cartes d'abonnement seront nuls; tous les camions quel que soit leur tonnage seront donc mis sur un pied d'égalité pour leurs voyages marginaux.

## CHAPITRE 9

### APPLICATIONS CHIFFRÉES

#### 9.1 BILAN D'UNE AUTOROUTE

Deux bilans sont établis correspondant aux deux cas suivants :

- 1° trafic moyen de 70 000 véhicules par jour, répartition (numérotée 1, 2, 3) en trois tranches analogue à celle de l'autoroute Sud de Paris, tronc commun ;
- 2° trafic moyen de 10 000 véhicules par jour, avec la même répartition.

##### a) Cas n° 1

On considère trois tranches de trafic 1, 2, 3

Trafic 3 voies 1 sens/heure	Trafic moyen véhicules/heure	Heures par jour	Heures par an
1 0 à 1 000	500	8	2 920
2 1 000 à 1 800	1 500	11	4 015
3 >1 800	2 000	5	1 825
		24	8 760

La valeur du péage de congestion obtenue pour un trafic de 2 000 véhicules/heure par voie avec la courbe moyenne du nouveau «Highway Capacity Manual» est 9,8 centimes. On aurait 8 centimes pour 1 800 véhicules/heure.

En admettant sur l'autoroute une vitesse de 86 km à l'heure, qui correspond au trafic moyen de 500 véhicules par file de la deuxième tranche, et en supposant une vitesse de 56 km à l'heure sur l'itinéraire concurrent, la valeur de l'avantage de temps pour le voyageur marginal dont le prix de l'heure serait de 4 F (la moitié du prix moyen) est de  $\frac{400}{56} - \frac{400}{86} = 7,2 - 4,7 = 2,5$  centimes.

Nous ajoutons un bonus de 1,5 centime, moitié du bonus moyen, ce qui donne un total de 4 centimes. Nous choisissons cette valeur pour le péage de la tranche 2, ce qui est justifié par la théorie du concurrent.

Le péage de congestion pour le trafic maximum de la tranche 2 est 1,36 centime; le péage d'équilibre est donc pour cette tranche de 2,64 centimes.

Pour le trafic de capacité 1 500 véhicules/heure, le péage de congestion est de 5,4 centimes. En y ajoutant le péage d'équilibre de 2,64 centimes, on obtient pour la première tranche le péage total de 8,04 arrondi à 8 centimes.

Pour la tranche comprise entre 1500 véhicules/heure et 2000, qui ne comprend que des journées exceptionnelles (week-end), un péage de congestion supplémentaire de  $9,8 - 5,4 = 4,4$  centimes pourrait être envisagé et un péage plus élevé encore pour les week-ends

exceptionnels en pondérant ce péage avec le péage correspondant aux zones d'instabilité de la courbe vitesse-débit.

Pour simplifier nous ne tiendrons pas compte de ces péages exceptionnels, applicables seulement quelques dizaines d'heures par an, dans un bilan financier sur lequel ils n'ont d'ailleurs qu'une incidence faible.

On remarquera qu'on a appliqué dans chaque tranche le péage de congestion calculé pour le débit maximum de cette tranche. Pour tout trafic inférieur à ces débits maximums le péage de congestion est en réalité inférieur à la valeur admise de sorte que le péage d'équilibre est en fait plus fort que celui qui a été indiqué; par exemple, pour le trafic limite inférieure de la tranche 2 (333 véhicules/heure), le péage de congestion serait de l'ordre de 0,60 centime au lieu de 1,36 centime; donc, le péage d'équilibre serait de  $2,64 + 0,76 = 3,40$  au lieu de 2,64 centimes.

Le calcul des recettes se présente comme suit :

	Trafic	Péage (en c)	Recettes (en F)
1	1 460 000 ×	0	= 0
2	6 022 500 ×	4,00	= 240 000
3	3 650 000 ×	8,00	= 290 000
Trafic annuel un sens . . .	11 132 500		530 000

moyenne de 35 000 dans un sens, 70 000 dans deux sens

L'application de l'allocation provenant de la taxe sur l'essence donne :

11 132 000 × 2,80 =	311 000
Total des recettes dans un sens	840 000
Total des recettes dans les deux sens	1 680 000.

Les dépenses d'entretien et d'exploitation peuvent être évaluées de la manière suivante en s'inspirant des chiffres italiens<sup>(1)</sup> :

	Cas n° 1 70 000 véhicules 2 × 3 voies	Cas n° 2 10 000 véhicules 2 × 2 voies
Entretien	60 000 F	48 000 F
Frais généraux	140 000 F	40 000 F
Frais de perception	180 000 F	22 000 F
Total	380 000 F	110 000 F

Dans le cas n° 1, la recette nette est donc de 1 300 000 F permettant un financement de 13 000 000 F à 10 % ou

<sup>(1)</sup> Les chiffres recueillis en France conduisent à un total plus élevé. Ils comprennent un impôt sur les recettes qui n'a aucun fondement économique.

de 18 600 000 à 7,2%. Le péage moyen est de 4,8 centimes par véhicule-km.

La recette par véhicule-km est de  $4,8 + 2,8 = 7,6$  centimes; la taxe de 2,80 centimes représente 37% du financement.

#### b) Cas n° 2

Le trafic est de 10 000 véhicules par jour soit 3 600 000 par an. La répartition en pourcentage entre les tranches est la même que dans le cas n° 1.

En adoptant la même recette moyenne de 7,6 centimes par véhicule-km, la recette brute est de 273 000 F; d'où une recette nette de 163 000 F par kilomètre, donnant pour un investissement de 2,5 millions de F par kilomètre un rendement de 6,52%.

Utiliser le même péage moyen de 4,8 centimes dans le cas n° 2 a une tout autre signification que dans le cas n° 1. En effet, la congestion étant beaucoup plus faible puisque le trafic par voie ne dépasserait pas 350 véhicules, la part de péage de congestion incluse dans le péage de 4,8 centimes est beaucoup plus faible que précédemment; le péage de 4,8 centimes est presque intégralement un péage d'équilibre.

Un volume de circulation de 350 véhicules par file et par heure justifiant un péage de congestion de l'ordre de 0,60 centime, la différenciation du péage entre la tranche n° 2 et la tranche n° 3 serait insignifiante et pourra sans doute être négligée.

On n'a pas tenu compte de la réduction de trafic déterminée par les péages.

Les taux d'intérêt pratiqués en Europe, surtout en France, sont faussés par l'inflation actuelle et surtout par les inflations anciennes.

Il faut admettre que les péages soient indexés sur les prix à la consommation. Alors les calculs économiques et financiers doivent être faits à péage constant en diminuant le taux d'intérêt du taux de croissance de l'inflation.

Si le taux d'intérêt est de 7% et le taux d'inflation de 2%, les calculs économiques et financiers doivent être faits avec un taux d'intérêt de  $7 - 2 = 5\%$  qui donne une annuité d'intérêts et d'amortissement de 7,1% sur 25 ans.

D'autre part, les durées d'amortissement actuelles des emprunts sur le marché s'éloignent de l'optimum économique, car on se rapprocherait de l'optimum si l'amortissement se faisait sur la durée de vie de l'ouvrage.

Pour se rapprocher de l'optimum, il est nécessaire que la caisse de relais dont nous préconisons la création étale les amortissements sur une durée plus grande que celle qui résulte des conditions du marché (France: 7%, 25 ans; États-Unis: 4%, 40 ans). Pour cela il est nécessaire que cette caisse dispose d'une dotation initiale fournie par les États par prélèvement, par exemple, sur les ressources de la taxe sur les carburants dont ceux-ci continueront à disposer dans la période transitoire (7.7).

Cette avance devra porter intérêt; elle pourra être remboursée à partir du moment où les premiers emprunts du marché seront amortis, c'est-à-dire vingt-cinq ans après la création de la caisse (7.7).

Aux États-Unis, les péages perçus par les autorités instituées pour construire un seul ouvrage ont une durée limitée, en principe, à la durée des engagements financiers. Les autorités qui gèrent plusieurs ouvrages, comme la «Port of New York Authority», perçoivent au contraire des péages perpétuels<sup>(1)</sup>; après amortissement financier des emprunts contractés pour financer un ouvrage déterminé, les recettes des péages servent à améliorer les conditions de financement des nouveaux ouvrages. Les ouvrages de la baie de San Francisco sont gérés d'une manière analogue par un organisme dépendant de l'État de Californie.

## 9.2 APPLICATION DE LA MÉTHODE PROPOSÉE DE CALCUL DES TAXES AU CAS URBAIN

### 9.21 Détermination des taxes de congestion

Nous allons d'abord calculer les péages purs qui pourraient être appliqués en suivant la théorie du «Road Pricing» telle qu'elle est exposée au chapitre 3.2.

Nous étudierons, pour fixer les idées, le cas particulier de Paris en utilisant les renseignements que nous avons au sujet de cette ville pour 1964.

Pour cette année, on évalue à  $13 \times 10^6$  le nombre de véhicules-km effectués par jour ouvrable à Paris. Ce total de véhicules-km se partage à peu près également entre deux zones, l'une dite zone centrale, se trouvant à l'intérieur de l'enceinte (de 3 430 ha) dite des fermiers généraux; l'autre, externe, ayant une forme annulaire et comprise entre l'enceinte des fermiers généraux et l'enceinte des boulevards militaires (qui correspond très sensiblement à la limite de la ville de Paris, les exceptions notables étant deux zones non bâties: le bois de Boulogne et le bois de Vincennes).

A l'intérieur de la zone centrale, le nombre de véhicules-km est de  $6 \times 10^6$  et la vitesse moyenne de l'ordre de 14 km/heure; à l'extérieur, la vitesse moyenne est de l'ordre de 30 km/heure. La moyenne générale est de 19,6 km/heure.

Le tableau suivant donne, d'après les formules britanniques, les taxes optimums de congestion  $\beta$  à appliquer pour des voies urbaines:

Les péages de congestion sont respectivement pour ces trois vitesses: 125; 13,3 et 50, la moyenne des deux premiers étant de 38% supérieure au dernier.

L'application pure et simple de la théorie de la congestion conduirait à appliquer, dans la zone externe, une taxe de 13,3 centimes par véhicule-km, et, dans la zone centrale, une taxe de 125 centimes par véhicule-km.

<sup>(1)</sup> Cette méthode est plus proche de l'optimum économique, car il est correct de calculer les amortissements sur la durée de vie de l'ouvrage et non sur la durée des emprunts.

45-v	q	v (km/u)	800/v c/km	(45-v)/v	$\beta$ c/km
37	962	8	100	4,5	450
31	806	14	57	2,2	125
30	780	15	53	2	106
25	650	20	40	1,25	50
22,5	585	22,5	35	1	35
20	520	25	32	0,8	25,6
15	390	30	26,6	0,5	13,3

$$\text{Formule: } v = 45 - \frac{q}{26}$$

(Voir explication des notations, tableau 8, page 109, avec  $v_0 = 45$ )

Il y aurait lieu de déduire de cette taxe la taxe kilométrique résultant de la taxe sur l'essence, soit au niveau actuel 9 centimes environ, ce qui conduirait à réduire à presque rien la taxe de la zone externe.

La taxe à appliquer sur une autoroute urbaine telle que le boulevard périphérique devrait être, dans cette optique, calculée indépendamment, ce qui conduirait à des taxes de l'ordre de 5 à 7 centimes à la pointe et à des taxes extrêmement faibles hors pointe (voir tableau n° 8).

Ces taxes étant d'ailleurs inférieures à la taxe kilométrique résultant de la taxe actuelle sur l'essence, la théorie de l'annexe 3.21 conduirait même à appliquer des taxes nulles sur le boulevard périphérique.

Le bilan des revenus provenant des différentes taxes serait le suivant, en supposant qu'elles ne soient appliquées que les jours ouvrables autres que le samedi, soit 250 jours par an :

zone centrale:	250 × 6 millions	= 1,5 milliard de véhicules-km
zone externe:	250 × 7 millions	= 1,75 milliard de véhicules-km
Recettes:		
zone centrale:	10 <sup>9</sup> × 1,25 × 1,5	= 1 875 millions F
zone externe:	10 <sup>9</sup> × 0,133 × 1,75	= 200 millions F
	Total . . . . .	2 075 millions F

Nous n'ajoutons pas à ces recettes les prélèvements sur la taxe sur l'essence puisque, du taux kilométrique appliqué, devrait être déduite la taxe kilométrique correspondant à la taxe sur l'essence.

La taxe moyenne à payer par un automobiliste faisant 11 km dans la zone externe et 9 km dans la zone centrale serait de 12,7 F. Avec le niveau actuel de la taxe sur l'essence, le même voyageur paie l'équivalent, pour 20 km, d'une taxe de 1,80 F.

Le dispositif de taxes à appliquer quand on se réfère à la théorie du concurrent est tout à fait différent. On fait alors payer à l'utilisateur de l'autoroute urbaine (boulevard périphérique) l'avantage dont il bénéficie par rapport à la voie urbaine parallèle, l'avantage comprenant principalement le gain de temps et le bonus.

Le résultat auquel on parvient en se référant à la théorie développée à l'annexe 4.12 est que le coût généralisé doit être le même, quelle que soit la voie empruntée. Si on admet une vitesse de 30 km à l'heure sur la voie parallèle et de 60 km à l'heure sur le boulevard périphérique, le calcul se poursuit de la manière suivante :

L'avantage correspondant à la différence des coûts moyens est :

$$\frac{800}{30} - \frac{800}{60} = 26,66 - 13,33 = 13,33 \text{ centimes.}$$

Il y a lieu d'ajouter à ce chiffre un bonus, que nous évaluons faute de renseignements à 3 centimes, valeur admise en France, en rase campagne<sup>(1)</sup>.

En admettant, d'autre part, que la consommation moyenne de 13 litres dans les voies urbaines s'abaisse à 10 litres sur le boulevard périphérique, il y a lieu d'ajouter, au titre de l'économie d'essence, 3 centimes par km, ce qui fait un total de 19,3 centimes. Nous le réduirons à 16 centimes pour tenir compte des charges terminales moyennes (distance supplémentaire parcourue sur voies urbaines pour accéder au boulevard périphérique). Ce péage de 16 centimes est à comparer au péage moyen de Tokyo, qui est de 12,5 centimes.

Sur la base d'un trafic journalier de 50 000 véhicules, la recette annuelle correspondante serait de :

$$0,16 \times 50\,000 \times 360 = 2,88 \text{ millions de francs,}$$

soit, pour 36 km, une recette de 103 millions de francs, que nous ramènerons à 90 millions pour tenir compte des parcours de nuit qui ne seront pas facturés.

Pour le cas du parcours de 18 km, le péage serait de 2,88 F.

La recette kilométrique annuelle correspondrait à environ 10% du prix de revient actuel du boulevard périphérique, mais à 5% seulement du prix de revient moyen définitif.

Pour équilibrer le budget, il faut tenir compte de l'allocation d'essence et de la taxe de « compensation », soit au total 7 centimes par km, et d'un prélèvement sur les rentes foncières ou commerciales qui a été justifié précédemment.

Le tableau figurant à la page 108 résume les différentes modalités envisagées.

Ces résultats sont à comparer avec les dépenses faites en 1964 (en millions de francs) :

Entretien	240
Investissements	140
Total	380

En résumé, les ressources que nous proposons pour une ville comme Paris seraient :

– une allocation sur les taxes d'essence résiduelles de 4,55 centimes par véhicule-km ;

<sup>(1)</sup> Il faudrait en réalité faire intervenir le prix du temps et le bonus du voyageur marginal. En 9.1, nous avons adopté des chiffres réduits de moitié. Les chiffres adoptés ici paraissent raisonnables dans une ville où les difficultés de circulation ont éliminé les usagers dont la valeur du temps est la plus faible.

	Applica- tion du « Road Pricing »	Taxation proposée	
		immédia- tement	ultérieu- rement
		(millions de francs)	
Taxe de congestion zone externe	200		
zone centrale	1 875		
total	2 075		214
Allocation d'essence		214	214
Parking		250	250
Recettes diverses		62	62
Péages boulevard périphérique			90
Totaux	2 075	526	830
Taxes foncières et assimilées		pour mémoire	
Taxe sur l'emploi		pour mémoire	

- une taxe de compensation de 0,91 F par jour ouvrable sous forme de vignette de 8 heures à 20 heures;
- une taxe de parking de 8 F/jour dans le centre de 8 heures à 20 heures au bord des rues;
- un péage de 16 centimes par véhicule-km sur les autoroutes urbaines perçu sous forme d'une vignette spéciale;
- un prélèvement sur les taxes foncières;
- un prélèvement sur une taxe d'emploi éventuelle.

Calculons ce que donnerait à Paris une taxe sur l'emploi au taux institué récemment par le gouvernement britannique, de 25 sh/semaine, soit 910 F/an.

Le nombre de personnes travaillant dans l'enceinte de Paris est de 1 967 000, se composant de 1 205 000 Parisiens et 762 000 non-Parisiens.

Le produit d'une telle taxe supposée appliquée à tous les travailleurs serait de 1 700 millions de F par an.

La taxe sur l'emploi britannique n'a pas les effets et la signification de celle que nous proposons puisqu'elle n'est pas modulée régionalement, mais, comme celle que nous proposons, elle a la forme d'une capitation.

Le tableau précédent n'a été établi qu'à titre illustratif; des corrections devraient y être apportées:

- a) Il faudrait tenir compte de la diminution de trafic à laquelle conduirait l'application de la taxe de congestion. Mais il s'agit là d'un effet momentané. La première année, la taxe optimum à appliquer serait inférieure à celle qui a été retenue ci-dessus, mais le trafic augmenterait d'année en année et il est probable qu'au bout de quelques années, il atteindrait de nouveau la valeur qu'il avait avant l'application de la taxe de congestion, et qu'on serait obligé, à ce moment-là, de porter la taxe au niveau adopté ci-dessus.
- b) Nous avons fait figurer les recettes des parkings dans le tableau précédent, car nous considérons la taxe sur le parking comme un succédané de la taxe de congestion.

Il faudrait évidemment tenir compte du fait que ces recettes seront grevées de frais d'exploitation, mais, d'une part, le système actuel (zone bleue) entraîne lui-même de très lourdes charges d'exploitation; d'autre part, l'exemple américain montre que la gestion des compteurs de stationnement peut être faite très économiquement.

- c) Pour les mêmes raisons que celles évoquées à l'alinéa a), nous n'avons pas tenu compte de la diminution du nombre d'usagers des parkings au bord des rues qu'entraînerait l'imposition de la taxe. Nous pensons en effet qu'au bout de quelque temps, on retrouvera le même nombre d'usagers, le résultat obtenu étant simplement que certains usagers, pour lesquels la valeur du voyage automobile est faible, auront été remplacés par d'autres usagers pour lesquels cette valeur est plus élevée.
- d) En ce qui concerne le « Road Pricing », nous n'avons pas tenu compte des conséquences du reflux sur les transports en commun des usagers qui auront renoncé à utiliser leur automobile.

Sous ces réserves et sous la réserve supplémentaire que la tarification préconisée devra tenir compte des études à faire sur les problèmes de la demande de transport automobile en ville, études qui devront englober celles de la demande concernant les transports en commun, on peut tirer du tableau précédent les conclusions suivantes:

L'application des taxes du « Road Pricing » conduit à des excédents budgétaires qui, s'ils ne sont pas utilisés dans les zones mêmes où ils sont perçus pour améliorer la circulation, constituent l'exploitation d'un véritable monopole de pénurie.

Si, au lieu d'appliquer la théorie du « Road Pricing », on appliquait la théorie basée sur la loi de l'offre et de la demande, on parviendrait à des niveaux de taxes encore plus élevés et qui seraient justiciables de la même critique.

L'application des taxes figurant sur le tableau dans la colonne « Taxation proposée », tout en apportant des ressources très substantielles, a l'intérêt de créer un lien entre les ressources et leur affectation. Les ressources perçues à l'occasion de la circulation sur le boulevard périphérique y figurent à titre d'exemple; toute voie nouvelle justifiera la création de ressources analogues, à condition de fournir un service de qualité supérieure à celui des voies urbaines ordinaires.

Dans le cas du boulevard périphérique, ces ressources ne permettent de financer qu'une fraction des charges financières de la construction, mais des ressources substantielles et extensibles peuvent être apportées par l'addition de taxes sur les rentes et sur l'emploi.

Nous allons examiner maintenant les conséquences des théories développées aux annexes 3.66, 4.12 et 4.35 concernant les transports en commun et plus particulièrement ceux qui sont des usagers des infrastructures routières, à savoir les autobus.

TABLEAU N° 8

## Taxes de congestion autoroutes

Formule  $V = V_0 - 0,02 q$

	200	300	500	600	800	1 000	1 300	1 500	1 600	1 800	2 000
q	200	300	500	600	800	1 000	1 300	1 500	1 600	1 800	2 000
v	92	90	86	84	80	76	70	66	64	60	56
$\delta = \frac{q}{V}$	2,17	3,3	5,8	7,1	10	13	18,5	22,5	25	30	35
b	8,7	8,8	9,3	9,5	10	10,5	11,4	12	12,5	13,33	14
$\frac{V_0 - V}{V}$	0,043	0,066	0,116	0,143	0,2	0,263	0,37	0,45	0,5	0,6	0,7
$\beta$ (centimes/km)	0,37	0,58	1,08	1,36	2	2,76	4,22	5,4	6,25	8	9,8
$c = \beta + \frac{b}{V}$	9,07	9,38	10,38	10,86	12	13,26	15,62	17,4	18,75	21,33	23,8

q débit en véhicules par heure et par file;

v vitesse km/h;

v<sub>0</sub> vitesse pour q=0 (v<sub>0</sub>=96);

b prix kilométrique du temps;

 $\beta$  taxe de congestion au kilomètre;  $= \frac{b \cdot V_0 - V}{V}$ 

c coût marginal;

 $\delta$  densité (véhicules par kilomètre).

## 9.22 Essai de rationalisation des tarifs des transports en commun à Paris

A la pointe, il faut appliquer au métro le prix marginal de pointe de l'autobus, soit 19,4 centimes/km, moins le bonus autobus, c'est-à-dire 14,4 centimes/d.

Si d = 5,5 km, parcours moyen en métro, le bonus est de 2,6, et il reste 16,8 à comparer avec le prix actuel de 5,90 centimes ou le prix de revient moyen de 7,16 centimes.

La différence, qui est actuellement de 11,4 - 5,90 = 5,5, passerait à 19,4 - 16,8 = 2,6.

La différence de 5,5 - 2,6 = 2,9 correspond à 3 mn (annexe 3.66).

D'après la courbe d'allocation établie par l'IURP (annexe 3.66), la proportion du trafic autobus passerait de 30 à 47%, soit une augmentation de 60%. Le trafic métro passerait de 70 à 53%, soit une diminution de 24%.

Il semble donc que le prix de 16,8 centimes soit trop élevé puisque ce prix supprimerait totalement la congestion du métro qu'il faudrait simplement réduire sans l'annuler. L'augmentation du trafic autobus serait également trop forte.

Hors pointe, le tarif du métro devrait être de 7,16 centimes, soit 43% du tarif de pointe.

Dans une ville telle que Paris, la diminution de la taxe sur l'essence devra s'accompagner de l'imposition d'une taxe de congestion si on ne veut pas altérer l'équilibre entre voitures particulières et transports en commun. A Paris, cette taxe devrait avoir pour valeur, pour une réduction de 30 centimes/litre, 3,90 centimes/km, soit 0,78 F/jour pour un parcours journalier moyen de 20 km.

Les effets des changements de tarif précédents seront les mêmes, quelle que soit la valeur absolue des tarifs, du moment que leur différence est celle qui résulte de la théorie précédente (en négligeant les phénomènes d'engendrement, pour lesquels l'élasticité de la demande est faible).

Le rétablissement de la vérité des prix en matière de transports en commun semble devoir se diviser en trois phases.

Dans une première phase, l'on se bornerait à agir sur la différence des tarifs des relations concurrentes, sans tenir compte de la condition d'équilibre budgétaire. L'objectif est de donner une valeur correcte à la répartition du trafic entre métro et autobus.

Il y a lieu évidemment de perfectionner l'étude du partage de trafic entre moyens concurrents, mais il s'agit d'un domaine dans lequel on dispose déjà des résultats les plus valables. C'est aussi dans ce domaine que les résultats obtenus peuvent être des plus significatifs, puisque la sensibilité du trafic à la différence des tarifs d'itinéraires concurrents est grande.

La deuxième phase consiste dans le rétablissement de l'équilibre budgétaire d'exploitation<sup>(1)</sup> en matière de transports en commun, cet équilibre budgétaire étant global et tenant compte des tarifs différentiels résultant de la théorie du concurrent et institués au cours de la première phase.

— Toute augmentation absolue du prix des transports en commun doit s'accompagner d'une taxe appli-

(1) Le rétablissement de l'équilibre budgétaire vient d'être opéré à Paris par une augmentation des tarifs mise en application au cours de l'été. Il n'a évidemment pas été tenu compte des suggestions que nous formulons plus haut concernant l'action sur la différence des tarifs métro et autobus.

quée aux automobiles pour rétablir l'équilibre (nous rappelons que cette taxe à laquelle nous avons donné le nom de «taxe de congestion» est, sous cette forme, en réalité une taxe de «compensation») entre voitures et transports en commun.

- C'est dans cette même phase qu'il y aura lieu de différencier les tarifs suivant l'heure de la journée.

Les mêmes observations qui viennent d'être faites peuvent être répétées pour cette partie du problème, puisque, comme on l'a vu à l'annexe 4.13, il s'agit là aussi d'un phénomène de concurrence.

La troisième phase consiste dans l'établissement de l'équilibre budgétaire global des transports en commun, c'est-à-dire de l'équilibre du budget complet d'investissement et d'exploitation.

L'équilibre budgétaire ne signifie pas, nous l'avons vu, que toutes les charges soient imputées aux usagers. En effet, les transports en commun doivent, comme les réseaux de voirie urbaine, pouvoir disposer de prélèvements sur les impôts sur les rentes et sur un impôt éventuel sur l'emploi.

Par contre, les allocations de transport allouées aux travailleurs devront être supprimées. Celles qui sont instituées à Paris ont le double vice d'être attribuées à tous les travailleurs et non pas seulement à ceux qui utilisent les transports en commun, et d'être alimentées par un impôt d'État constituant une subvention des villes non congestionnées à une ville congestionnée, ce qui est incorrect au point de vue économique.

Il est indispensable cependant d'imputer à l'utilisateur une partie tout au moins des dépenses en capital du métro, à savoir la partie correspondant à la différence entre le coût marginal autobus et le coût marginal métro (annexe 4.11). La politique contraire introduit une distorsion entre la pratique de la marche à pied et les transports en commun. Il y aurait également distorsion en ce qui concerne les choix d'implantation entre agglomérations et, à l'intérieur de l'agglomération, pour les industriels et les travailleurs.

Le problème du niveau absolu des tarifs des transports en commun est un problème plus difficile que ceux qui sont réglés en première et en deuxième phases, car, d'une part, les données sur l'élasticité de la demande globale sont beaucoup moins sûres; d'autre part, le relèvement du niveau absolu du tarif implique une remise en ordre des salaires, puisque les salaires ont été fixés en fonction du tarif incorrect des transports.

Même en deuxième phase, ce n'est qu'à l'occasion d'une remise en ordre des salaires que l'on pourra faire accepter la mesure impopulaire consistant à appliquer des tarifs plus élevés en pointe que hors pointe.

Il faut reconnaître aussi qu'il ne paraît pas possible

d'établir la vérité des prix absolue dans les transports en commun sans l'établir dans les loyers, mesure qui ne peut elle-même être prise que si elle s'accompagne d'une remise en ordre des salaires. Il est considéré officiellement en France que le loyer représente 5% du salaire, alors qu'il représente souvent moins pour les loyers anciens et beaucoup plus (au-delà de 25%) pour les loyers nouveaux.

De même, des taxes foncières fixées au niveau que nous avons proposé ne pourront être imposées que lorsque la pénurie immobilière aura été supprimée.

La pénurie immobilière rend, d'autre part, impossible le choix libre d'une résidence; or, pour que la vérité des prix dans les transports puisse favoriser le choix rationnel des implantations, il faut encore qu'il y ait choix libre des résidences.

Dans les villes où ce problème de pénurie des logements et de niveau des loyers subsiste, il faudra donc s'attaquer en même temps à quatre problèmes: élévation absolue des prix des transports en commun, fixation des taxes de compensation pour les voitures privées, remise en ordre du marché des logements locatifs, remise en ordre des salaires.

Sous ces réserves, le rétablissement de l'équilibre budgétaire (au sens large) des transports en commun, que nous considérons comme un but indispensable et lointain, sera, avec la taxe sur l'emploi modulée régionalement, l'outil le plus efficace pour entraîner des choix corrects d'implantations, aussi bien pour les particuliers que pour les industries.

Il faut remarquer que le relèvement global des prix des transports en commun augmentera les rentes des terrains du centre. Seules, en effet, l'augmentation de la vitesse et l'augmentation du confort des transports en commun à prix égal permettraient la diminution des rentes.

L'augmentation des rentes est un phénomène normal, conforme à la vérité des prix, et son intervention est nécessaire pour que les décisions de choix de l'agglomération d'implantation pour les industriels et les travailleurs soient rationnelles.

Néanmoins, trop de précipitation dans ce domaine pourrait être dangereuse puisque, tant que la pénurie de logements existe, à la rente normale s'ajouterait une rente de rareté.

Les propositions que nous avons faites plus haut concernant la mise en ordre des tarifs relatifs autobus et métro ne devront pas elles non plus être mises en œuvre sans précaution et sans vérification empirique de la validité de la loi de demande qui a été admise, ni sans évaluer les conséquences d'une augmentation de la circulation des autobus.



## CONCLUSION

Pour la commodité de la présentation, les conclusions de ce rapport ont été placées dans l'introduction (paragraphe 1.5 et 1.6) et dans les résumés de la fin du chapitre 7 et du début du chapitre 8.

C'est dans les chapitres 8 et 9 qu'on peut les retrouver avec plus de détails et sous une forme opérationnelle.

Il nous reste à les synthétiser, à essayer d'en dégager la philosophie, et à examiner la manière dont les recherches entamées à l'occasion de la rédaction du présent rapport pourront être poursuivies.

Les auteurs du Rapport Allais avaient présenté plusieurs options et avaient indiqué que le choix avait essentiellement un caractère politique quand il s'agissait de choisir entre les options des péages économiques et de l'équilibre budgétaire, entre la centralisation et la décentralisation, entre la vérité des prix et le financement par l'impôt.

Déjà cependant dans ce même rapport il est indiqué à plusieurs reprises que les options qui favorisent l'efficacité (équilibre budgétaire, décentralisation, vérité des prix) ont une base économique, puisque l'efficacité permet la minimisation des coûts, laquelle est une condition économique de l'optimum.

Les auteurs de ce même rapport vont même plus loin; ils vont jusqu'à admettre que l'allocation optimum des ressources peut être obtenue même dans le choix des investissements en adoptant la condition d'équilibre budgétaire<sup>(1)</sup>. On élimine ainsi quelques projets qui seraient en principe justifiés économiquement bien que non rentables, mais la rareté des capitaux aurait de toute façon empêché la réalisation de ces projets. La condition d'équilibre budgétaire a l'intérêt d'éliminer des projets d'utilité douteuse (soutenus par des groupes de pression par exemple). En éliminant ces projets, elle permet une meilleure allocation des ressources (à condition d'inclure parmi ces ressources la ressource essentiellement rare qu'est le capital).

Nous n'avons donc pas hésité à prendre fermement parti pour l'option d'équilibre budgétaire en fondant ce choix sur de nouvelles recherches qui ont apporté d'autres arguments économiques s'ajoutant à ceux qui viennent d'être cités en faveur de la décentralisation et de l'équilibre budgétaire.

La tendance à faire payer les services à leur coût moyen quand ils excèdent leur coût marginal semble en voie de se généraliser dans les pays de la Communauté et il ne semble pas qu'il y ait d'opposition politique de principe à cette tendance à l'échelon gouvernemental.

Il est important par contre, à notre avis, d'examiner

(1) Notre position est plus nuancée, puisque nous faisons intervenir un prélèvement sur les rentes (impôt foncier) dans l'équilibre budgétaire.

quelles pourraient être les réactions vis-à-vis de nos propositions d'une part de l'opinion publique et d'autre part des responsables de la fiscalité.

Nos propositions, qui suivent une tendance existant dans plusieurs pays et soutenue par le Comité fiscal et financier de la CEE, apporteront, il faut bien le reconnaître, des bouleversements profonds dans les principes et les modalités de la fiscalité.

Il faut, bien entendu, ménager les transitions pour permettre aux gouvernements de se créer de nouvelles ressources; dans certains cas cependant, il faut noter que le sacrifice demandé à la fiscalité<sup>(2)</sup>, sous forme de réductions des taxes sur les carburants, sera compensé, et au-delà, par la suppression des subventions d'équilibre des transports en commun, par la suppression des subventions directes ou indirectes accordées par l'État aux villes congestionnées.

La suppression de ces subventions, qui faussent la concurrence entre villes congestionnées et villes non congestionnées et qui favorisent donc la congestion, est une des conclusions les plus importantes de ce rapport. Elle est d'ailleurs une conséquence du principe de la vérité des prix et de la théorie du concurrent. Le financement des infrastructures urbaines doit être en effet partagé entre les contribuables (payant des impôts sur les rentes) et les usagers.

La fixation des parts respectives peut être sujette à discussion suivant qu'on est partisan ou non de l'équilibre budgétaire; mais ce qui est hors de doute, c'est que le contribuable finançant une fraction de ces investissements doit être le contribuable de la collectivité et non le contribuable d'autres collectivités.

La solution consistant à faire financer une partie de ces infrastructures par l'État, solution adoptée pour Paris, est par contre tout à fait incorrecte au point de vue économique puisqu'elle fausse la compétition entre grandes villes congestionnées et petites villes moins congestionnées (dans la mesure évidemment où le financement par l'État n'est pas en réalité un remboursement d'un trop-perçu sur les usagers, mais cela n'est pas le cas puisque, comme on le voit au chapitre 9.2, la fiscalité spécifique pour Paris ne correspond pas à des sommes considérables).

De même, rien ne peut être plus contraire aux enseignements de la théorie économique tels qu'ils sont dégagés dans la présente étude que l'institution, par le gouvernement des États-Unis, de subventions fédérales pour les transports en commun; la solution correcte serait

(2) Dans le cas particulier de la France, les renseignements donnés dans le paragraphe 4.30.3 montrent que le principe de la vérité des prix finira, s'il est appliqué d'une manière absolument générale, par diminuer les engagements budgétaires de l'État de manière à compenser, et au-delà, les pertes de recettes que nos propositions impliquent en ce qui concerne les taxes spécifiques.

de défédéraliser un certain nombre de taxes et de permettre aux municipalités de les percevoir pour qu'elles puissent financer elles-mêmes les investissements nécessaires.

Reste à examiner les réactions de l'opinion publique et des usagers.

Pratiquement, avec la démocratisation de l'automobile, il y a de plus en plus identité de ces deux ensembles. Il faut traiter l'utilisateur comme majeur et il faut aussi, pour lui, ménager les transitions, et l'habituer à l'idée qu'il doit payer le coût du service qui lui est rendu, mais ni plus, ni moins.

«Ni plus» implique que l'utilisateur ne devra pas payer deux fois le service rendu, d'une part sous forme de péages et, d'autre part, sous forme de taxes: d'où la justification de la ristourne que nous appelons allocation d'essence et qui est étendue au gasoil et aux licences.

«Ni moins» implique que l'utilisateur devra payer des taxes de congestion correctement calculées et les transports en commun à leur prix de revient, compte tenu des investissements mais déduction faite des prélèvements sur les rentes (impôt foncier, patente, impôt sur l'emploi).

Comme nous l'avons déjà dit, les gouvernements commettraient en même temps une faute économique et une maladresse impardonnable vis-à-vis de leur opinion publique de mieux en mieux informée s'ils adoptaient les enseignements de la théorie économique tels qu'ils sont dégagés dans ce rapport lorsqu'ils conduisent à augmenter la charge des usagers, et s'ils ne les adoptaient pas lorsqu'ils conduisent à la diminuer. De même, les usagers ne devront pas souffrir du fait que les théories des économistes des transports sont plus avancées que les théories des économistes fiscaux. Le même raisonnement de mathématiques économiques conduit à l'application, en matière d'économie des transports, d'une taxe de congestion qui charge les usagers et, en matière d'économie fiscale, d'une taxe sur l'emploi qui charge les employeurs (et donc décharge l'utilisateur si cet impôt est affecté partiellement, comme il se doit, au financement de dépenses d'infrastructures routières urbaines). Il serait inadmissible que la taxe de congestion soit appliquée dans les villes congestionnées avant que l'impôt différentiel sur l'emploi soit institué<sup>(1)</sup> (sauf pour compenser une diminution de la taxe sur l'essence).

En résumé, l'équilibre recommandé est un équilibre budgétaire décentralisé tenant compte:

- des recettes défiscalisées perçues sur les usagers: taxes sur les carburants, licences poids lourds;

<sup>(1)</sup> Nous signalons à ce sujet que la réforme en cours des finances locales conduit en France à créer, au profit des collectivités locales, un impôt sur les salaires; pour que cet impôt remplisse les fonctions bénéfiques que nous assignons à l'impôt sur l'emploi, il faut: 1° qu'il ne soit pas proportionnel au salaire (qu'il s'agisse d'une capitation); 2° qu'il soit payé par l'employeur; 3° que son taux soit différencié suivant la taille de la ville, son degré de croissance et les difficultés de transport.

- des recettes perçues directement sur l'utilisateur à l'occasion de l'acte de transport ou de ses accessoires: péages de congestion<sup>(2)</sup> et d'équilibre, vignettes de congestion, taxes de stationnement;
- d'un prélèvement sur les rentes (impôt foncier, porté à un niveau plus élevé, et impôt sur l'emploi).

On ne peut pas espérer obtenir immédiatement que les États renoncent aux ressources considérables qu'ils tirent de la partie de la taxe sur les carburants qui n'est pas affectée aux dépenses routières; il est donc préférable de transiger sur la longueur de la période transitoire que sur les objectifs finaux que l'on s'est assignés.

Mais il est essentiel d'obtenir au moins que, dès la période transitoire, toute surcharge sous forme de vignettes de congestion, de taxes de stationnement, de péages de congestion ou de péages d'équilibre ne soit établie que si elle est compensée, dans les pays où les taxes spécifiques sont anormalement élevées, par une diminution de celles-ci et notamment de la taxe sur l'essence. Bien entendu, il s'agit là d'une compensation globale car il est bien évident que, dans l'ensemble, nos propositions conduisent à décharger les usagers des routes de campagne non congestionnées mais à charger plus fortement les usagers des réseaux urbains.

Une déclaration commune d'intention devrait être prononcée par les gouvernements de ces pays en même temps que seront appliquées les premières mesures préconisées par ce rapport et chargeant les usagers, telles que la généralisation des péages sur les autoroutes, la généralisation de la taxe de stationnement, l'application éventuelle de taxes de congestion.

Rappelons que l'attribution de l'allocation d'essence devra être accordée immédiatement aux villes congestionnées et aux sociétés autoroutières et que cette mesure est favorable aux usagers.

Nous pensons que les données que nous avons recueillies, les recherches que nous avons analysées ou que nous avons faites et les conclusions que nous en avons tirées devraient être l'objet d'un perfectionnement et d'une révision constants, travail dont la responsabilité serait confiée à un comité communautaire comprenant des représentants des six pays et dont le secrétariat serait assuré par la Commission. Ce comité serait à même d'obtenir plus facilement les données statistiques nécessaires qui nous ont manqué.

Les conclusions ont été à dessein formulées d'une manière précise, mais les hypothèses sur lesquelles ces conclusions sont basées ont été clairement énoncées, de sorte qu'il sera facile à ce comité, compte tenu des statistiques actuellement manquantes qu'il aura pu rassembler, d'adapter ces conclusions en fonction des données nouvelles d'une recherche en continuels progrès, compte tenu également de la politique générale de la Communauté.

<sup>(2)</sup> Une condition indispensable de l'institution de telles taxes est que les gouvernements renoncent immédiatement au système fermé de perception des péages sur les autoroutes et obligent les sociétés concessionnaires à en faire autant.

Au terme de cette étude, nous tenons à remercier MM. Goergen et Zünkler, de la direction générale des transports de la Commission des Communautés européennes, des conseils qu'ils nous ont donnés et qui nous ont été très précieux.

Nous avons également à remercier les personnalités qui ont bien voulu nous donner des renseignements complémentaires sur leurs recherches personnelles ou sur la documentation qu'elles possédaient.

Bien entendu, nous restons seul responsable de l'interprétation que nous avons donnée à leurs recherches et aux indications qu'elles nous ont fournies directement. Il s'agit de:

- M. Joseph Barnett  
Bureau of public roads (États-Unis)
- M. J. O. Bickel  
Parsons, Brinkerhoff, Quade & Douglas (New York)
- M. Boissin  
Ingénieur général, direction technique de la voirie parisienne
- M. Bonnet  
Ingénieur des ponts et chaussées, service central des autoroutes (Paris)
- M. D. Foglia  
A.N.A.S. (Italie)
- M. E. H. Halmes  
Bureau of public roads (États-Unis)
- M. A. E. Johnson  
American association of State highway officials (États-Unis)
- M. Le Vert  
Ingénieur général des ponts et chaussées (Paris)
- M. Herbert Mohring  
University of Minnesota (États-Unis)
- M. Moskowitz  
California division of highways (États-Unis)
- M. Pellegrini  
Autostrade (Rome)
- M. Saal  
Bureau of public roads (États-Unis)
- M. Saint Clair  
Chief of the national highway planning division (États-Unis)
- M. R. J. Smeed, M. Tanner  
Road research laboratory (Royaume-Uni)

Nous remercions particulièrement Monsieur Saal qui a bien voulu nous faire parvenir en novembre 1965 des renseignements importants sur les nouvelles définitions et principes inclus dans la deuxième édition du "Highway Capacity Manual", qui n'a été publiée que plusieurs mois après cette date. Ceci nous a permis de rédiger en temps utile et avec une documentation parfaitement à jour un des chapitres les plus importants de ce rapport, le chapitre 4.4 sur la saturation économique.

Il suffit de se reporter à l'ensemble de ce rapport et notamment à l'introduction pour apprécier toute l'importance que nous attachons au rapport des professeurs Allais, del Visco, Duquesne de la Vinelle, Oort et Seidenfus, dont nous avons apprécié la valeur d'autant mieux que notre étude a été plus approfondie.

La valeur principale du présent rapport consiste sans doute dans le travail de documentation qu'il a déclenché, travail d'autant plus difficile qu'il existe peu d'organismes et de revues spécialisés et que les chercheurs des différents pays travaillent indépendamment et sans se connaître. Il nous est arrivé notamment d'établir des résultats dont nous avons retrouvé ensuite certains éléments chez Mohring et chez Levy-Lambert.

On est obligé de constater au terme de cette étude que bien des points restent obscurs ou controversés lorsqu'on veut mettre en application les enseignements de la théorie des transports, mais le plus grave est l'absence de données numériques ou, quand elles existent, leur incertitude.

Il faut encore répéter qu'un effort considérable, et à l'échelon communautaire, de documentation et de recherche reste à faire.

Malgré l'insuffisance des données, nous avons estimé être à même de tirer de ces recherches un certain nombre de conclusions opérationnelles.

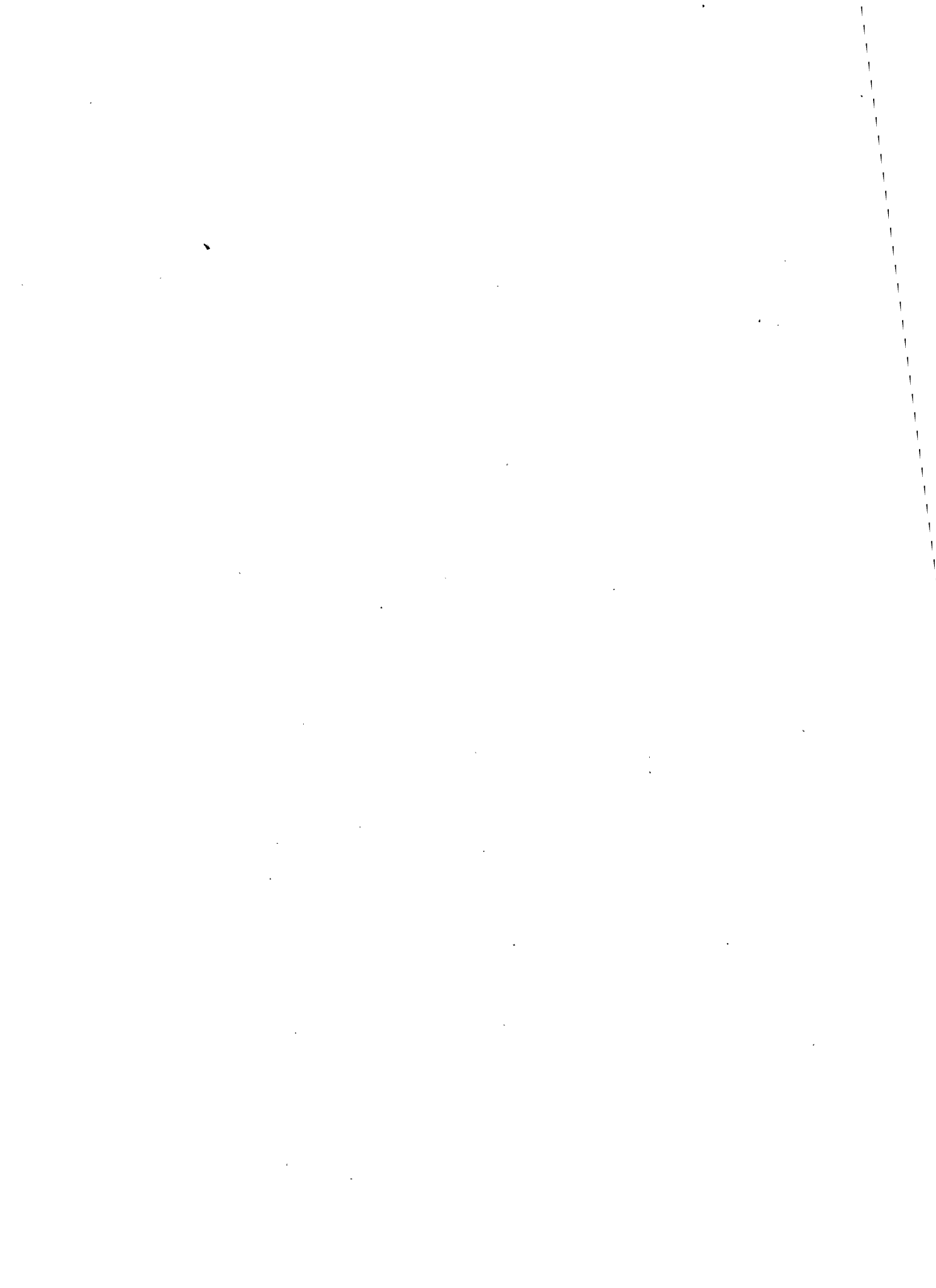
L'objet de toute recherche économique pratique doit être de concilier l'équité et l'efficacité, qui paraissent souvent en conflit.

En approfondissant l'analyse de la formation des rentes, en soumettant certaines théories sommaires de la congestion à une nouvelle formulation, nous espérons avoir fait quelques progrès dans la solution de ce conflit.

## BIBLIOGRAPHIE

- Abraham, Claude  
« Répartition du trafic entre itinéraires concurrents — Réflexions sur le comportement des usagers — Application au calcul des péages. » *Revue générale des routes et des aérodromes* — octobre 1961.
- Allais; del Visco; Duquesne de la Vinelle; Oort; Seidenfus  
« Options de la politique tarifaire dans les transports », Communauté économique européenne, *Études, série transports*, n° 1, Bruxelles, 1965.
- Allais, Maurice  
« Programme d'investissement et d'exploitation optimum d'une infrastructure de transport », *Revue de la Fédération internationale de l'automobile*, 1965, n° 4.
- American Association of Highway Officials  
Road User Benefit Analysis for Highway Improvements. (*Red Book*) — 1964.
- Automobile Manufacturers' Association Inc.  
*Automobile Facts and Figures*. Detroit, 1965.
- Barnes, Henry A.  
« Increasing Street Capacity », *International Road Safety and Traffic Review* — Vol. XIV, n° 1 — 1966.
- Beau, François  
« Essai de généralisation de la théorie marginaliste en vue de la tarification des services publics », « Annales du Conseil supérieur des transports » — *Études*, n° 13 — 1964.
- Beckmann; McGuire; Winsten  
*Studies in the Economics of Transportation*. Cowles Commission, Yale University, 1956-1959.
- Bessière  
« Application de la dualité à un modèle de programmation à long terme », *SOFRO* n° 12.
- Boiteux, M.  
« Sur la gestion des monopoles », *Econometrica*, janvier 1956.
- Bonnet, A. G.  
« Les autoroutes métropolitaines de Tokyo. » *Bulletin du P.C.M.* — Décembre 1965 — Janvier 1966.
- Buchanan, James M.  
« Traffic in Towns. » *Her Majesty's Stationery Office*, London.
- Bulletin de liaison des laboratoires routiers*  
« L'essai AASHO. » Numéro spécial E.
- Claffey, P. J.  
« Characteristics of passenger car travel on toll roads and comparable free roads for highway user benefit studies. » For presentation at the 40th Annual Meeting, *Highway Research Board*, National Research Council, January 1961.
- Credoc  
« La valeur du sol et ses facteurs. » 1965.
- Communauté économique européenne  
« Rapport du Comité fiscal et financier. » Bruxelles 1962.
- Creighton and alii  
« Optimum Investment in Two-Mode Transportation Systems. » *Highway Research Record*, n° 47.
- Dantzig, George B.  
« On the Significance of Solving Linear Programming Problems with some Integer Variables. » *Econometrica* — Vol. 28, n° 1 — January 1960.
- Desrousseaux  
« L'évolution économique et le comportement industriel. » Dunod.
- Divisia  
« Cours d'économie. » École des ponts et chaussées de Paris.
- Doyle, Austin R.  
Air Space. *California Highway and Public Works* — September-October 1965.
- Feller, William  
« An Introduction to Probability Theory and its Applications. » Second Edition, Volume I, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Forchheimer, M.  
Single Lane saturated flow starting performance. *Second International Symposium on the Theory of Traffic Flow*. London 1963 — OCDE.
- Foster; Beesley  
« The Victoria Line: Social Benefit and Finances. » *Journal of the Royal Statistical Society* — Series (A), Vol. X, part I.
- Fournier, Lucien  
« Le véhicule français de transport routier de marchandises. Exploitation — Rentabilité. » Eyrolles — Paris, 1962.
- Friedman, Milton  
« Theory of Price. » Aldine Publishing Co., Chicago.
- Goergen, Robert  
« Les problèmes généraux de l'économie européenne des transports. » *Revue Transports* — Mars 1965.
- Grubbs, Clifton  
« Theory of Spillover Cost Pricing. » *Highway Research Record* n° 47.
- Helly, W.  
« Efficiency in Road Traffic Flow. » Port of New York Authority. *Second International Symposium on the Theory of Traffic Flow*. London 1963 — OCDE.
- Highway Research Board  
*Highway Capacity Manual*. Department of Commerce Bureau of Public Roads, Washington — 1950.
- Highway Research Board  
*Highway Capacity Manual*. Department of Commerce Bureau of Public Roads, Washington — 1965.
- Highway Research Board — Special Report 61.E  
The AASHO Road Test — Report 5 — *Pavement Research*.
- Highway Research Board of the National Academy of Sciences  
Traffic Congestion as a Factor in Road-User Taxation. *Highway Research Record* n° 47 — Washington, 1964.
- Historical Statistics from Colonial Times to 1957*.  
U.S. Department of Commerce. Bureau of Census Washington D.C.
- Hondermarcq, H.  
« Note annexée au rapport sur le coût des infrastructures routières de la Commission économique pour l'Europe » (ONU-Genève).
- Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne  
« Étude de divers facteurs influant sur le choix entre autobus et métropolitain par les usagers des lignes SNCF de banlieue. » Octobre 1963.
- Johnson, Bruce  
« On the Economics of Road Congestion. » *Econometrica* — Vol. 32 — n° 1-2, January-April 1964.
- Kolm, Serge-Christophe  
« Prix publics optimaux. » Éditions du *Centre national de la recherche scientifique*. 1969.

- Le Vert, Paul  
« Les autoroutes en Europe. » *Transports* — Décembre 1965, n° 106.
- Levy-Lambert, Hubert  
« Le péage sur les autoroutes et la théorie économique. » *Transports* — n° 104 — Septembre-octobre 1965.
- Liddle, W. J.  
« Application of AASHO Road Test results to flexible pavement design. » *University of Michigan*, 20-24 August 1962.
- Maarek  
Communication (non publiée) au séminaire de M. Drevon à la Faculté des sciences de Paris — 24 février 1965.
- Malcor, René  
*Deuxième semaine de la technique de la circulation*, Bürgenstock 1954. OTA Chesham Square, London.
- Malcor, René  
« Localisations des industries et impôt sur l'emploi. » *Économies et sociétés* — F 23 — n° 10, 1968. Librairie Droz, Genève.
- Malinvaud, E.  
« Leçons de théorie microéconomique. » Dunod, Volume 15.
- Mayer  
« Prix du sol et prix du temps. » *Bulletin du PCM* — Novembre 1965.
- Miller, A. J.  
« Le trafic routier: quelques théories et leurs applications. » *Endeavour* — Septembre 1965.
- Ministère de l'équipement  
« Rapports sur l'équipement urbain et le logement. » — *V<sup>e</sup> Plan*.
- Mohring, Herbert  
« Relation between Optimum Congestion Tolls and Present Highway User Charges. » *Highway Research Record* n° 47. Highway Research Board, Washington D.C.
- Morice, Janine  
« La demande d'automobiles en France. » Librairie Armand Colin — 1957.
- Moskowitz, K.  
Freeway Capacity Study. State of California — Department of Public Works — Division of Highways. For presentation at the 36th Annual Meeting. » *Highway Research Board* — Washington D.C. — January 1957.
- Moskowitz, F.; Newman  
Notes on Freeway Capacity. — Comments on Highway Capacity. *Highway Research Board* — 1961.
- Mothe, P.  
« Accidents occurring in Homeward Traffic on Sundays on the Paris Autoroute de l'Ouest. » *International Road Safety and Traffic Review* — Vol. VIII, n° 4 — Autumn 1960.
- Parsons; Brinckerhoff; Quade; Douglas  
Mass Transport in Baltimore.
- Pigou, A. C.  
« The Economics of Welfare. » McMillan — London, 1918.
- Road Pricing: « The Economic and Technical Possibilities. » *Ministry of Transport*. H.M.S.O., London, 1964.
- Roth, G. J.  
« An Economic Approach of Traffic Congestion. » *Proceedings of the Second International Symposium on the Theory of Traffic Flow (OECD)*. London, 1963.
- Secretary of Commerce  
Maximum Desirable Dimensions and Weights of Vehicles operated on the Federal-Aid Systems. Letter from Secretary of Commerce. U.S. Government Printing Office — Washington 1964.
- Statistical Abstracts 1963-1964*.  
U.S. Department of Commerce, Bureau of Census. Washington D.C.
- St-Clair, G. P.  
« Congestion Tolls — An Engineer's Viewpoint. » *Highway Research Record* n° 47.
- Tanner, J. C.  
« Pricing the Use of Roads. » *2nd International Symposium on the Theory of Traffic Flow*. 1963 — OCDE.
- Tinbergen  
« The Theory of Optimum Regime » — *Selected Papers*. North Holland Publishing Co. — Amsterdam.
- U.S. Department of Commerce  
« Highway Cost Allocation » (*Supplementary Report*). U.S. Government Printing Office.
- Vangrevelinghe  
« Projection de la consommation des ménages en 1970. » *Études et conjonctures* n° 6 — Juin 1965. Revue mensuelle de l'INSEE.
- Walters, A. Alan  
« The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion. » *Econometrica* — Vol. 29, n° 4 — Octobre 1961.



## ANNEXES





## TABLE DES MATIÈRES

<i>Chapitre 3.2</i> Road pricing		<i>Annexe 4.17</i> La détermination du péage optimum unique	144
<i>Annexe 3.21</i>	«Road Pricing» – Recherches britanniques	<i>Annexe 4.18</i> Autorationnement	145
<i>Annexe 3.22</i>	Théorie de la congestion – Recherches américaines	<i>Annexe 4.19</i> Recours à la réglementation	145
<i>Annexe 3.23</i>	Théorie de la congestion – Recherches françaises	<i>Chapitre 4.2</i> Demande de transport	
<i>Chapitre 3.3</i>		<i>Annexe 4.21</i> La loi d'Abraham et son approximation	146
<i>Annexe 3.3</i>	Modèle du professeur Allais	<i>Annexe 4.22</i> Loi de demande déduite du «Road Pricing»	148
<i>Chapitre 3.5</i> Études sur la demande		<i>Annexe 4.23</i> Phénomènes de stimulation	149
<i>Annexe 3.52.1</i>	Recherches récentes communautaires	<i>Chapitre 4.3</i> Recherches complémentaires sur le cas urbain	
<i>Annexe 3.52.2</i>	Recherches de la S.A.R.C. (Systems Analysis Research Corporation – États-Unis)	<i>Annexe 4.31</i> Contrôle du trafic par le stationnement payant	150
<i>Chapitre 3.6</i> Données et recherches sur le problème urbain		<i>Annexe 4.32</i> Les déplacements et les rentes foncières	151
<i>Annexe 3.61</i>	Recherches américaines sur la tarification du stationnement	<i>Annexe 4.33</i> Impôt sur l'emploi	153
<i>Annexe 3.62</i>	Utilisation de l'espace aérien	<i>Annexe 4.34</i> Rentes foncières et ouvrages publics	154
<i>Annexe 3.63</i>	Données sur le boulevard périphérique à Paris	<i>Annexe 4.35</i> Concurrence entre autobus et voitures individuelles	155
<i>Annexe 3.64</i>	Courbes de charge urbaines	<i>Chapitre 4.4</i> Données et recherches sur la saturation économique	
<i>Annexe 3.65</i>	Transports en commun à Baltimore	<i>Annexe 4.43</i> Étude complémentaire de la qualité du service	156
<i>Annexe 3.66</i>	Concurrence autobus-métro	<i>Annexe 4.44</i> Saturation dans le cas urbain	157
<i>Annexe 3.67</i>	Rapport Buchanan	<i>Chapitre 4.5</i> Données et recherches sur l'optimum économique sous contrainte d'équilibre budgétaire	
<i>Annexe 3.68</i>	Logement et équipement urbain dans le V <sup>e</sup> Plan français	<i>Annexe 4.51</i> Minimisation de la perte sèche avec contrainte d'équilibre budgétaire	157
<i>Chapitre 4.1</i> Recherches complémentaires sur la théorie du «road pricing» et liaison avec la théorie du concurrent		<i>Annexe 4.52</i> Perte sèche en fonction de l'élasticité	159
<i>Annexe 4.11</i>	Théorie du concurrent	<i>Annexe 4.53</i> Péage constant pour une suite d'ouvrages fixes se substituant à des moyens discontinus	160
<i>Annexe 4.12</i>	Concurrence métro-voitures, autoroutes-routes, rail-route	<i>Annexe 4.54</i> Les effets externes	161
<i>Annexe 4.13</i>	Concurrence pointe – hors pointe	<i>Chapitre 8</i>	
<i>Annexe 4.14</i>	«Road Pricing» et choix des investissements	<i>Annexe 8.22</i> Taxe diesel	162
<i>Annexe 4.15</i>	Capacité optimum de plusieurs ouvrages	<i>Annexe 8.4</i> Transports pour compte propre	166
<i>Annexe 4.16</i>	«Road pricing» et équilibre budgétaire		

## Annexe 3.21 «Road Pricing» — Recherches britanniques

## 3.21.1

Une partie des sujets qui font l'objet de notre mission est traitée très brillamment dans le rapport intitulé «Road Pricing», rédigé par une commission royale instituée par le ministère des transports britannique, sous la présidence du docteur R. J. Smeed, publié en 1964, et que nous appellerons dans la suite «rapport Smeed»<sup>(1)</sup>. Nous nous référerons également à d'autres publications sur le même sujet<sup>(2)</sup>.

Comme l'indique le président de la commission dans son avant-propos, «la tarification routière est un moyen de régulariser la congestion routière, mais qui ne permet pas de guérir le mal de la congestion. La proposition consistant à faire payer l'usage des routes congestionnées ne doit pas être considérée comme un moyen de se dispenser de construire de nouvelles routes et de meilleures routes, mais comme un moyen d'augmenter la valeur des routes qui existent et de celles qui restent à construire».

La théorie présentée dans le rapport Smeed n'est pas distincte de celle établie indépendamment par l'inspecteur général des ponts et chaussées Beau<sup>(3)</sup>. Un exposé sommaire en a déjà été fait au paragraphe 1.41 de l'introduction. D'après cette théorie on doit appliquer une taxe égale au coût marginal de congestion:  $q \frac{dc}{dq}$ ,  $q$  étant le trafic et  $c$  le coût unitaire supporté par les usagers.

La fonction  $c = f(q)$  est calculée en utilisant la formule de Charles Worth et Pailey:

$$c = a + \frac{b}{V} \quad (1)$$

liant le coût à la vitesse  $V$ ;  $b$  est le prix du temps supposé uniforme.

La vitesse est exprimée en fonction du trafic par la formule de Thomson-Wardrop liant la vitesse au trafic pour une rue moyenne:

$$V = V_0 - fq \quad (2)$$

Les constantes de cette dernière formule sont différentes pour les routes urbaines et les routes rurales.

<sup>(1)</sup> Road Pricing: *The Economic and Technical Possibilities*. Ministry of Transport. H.M.S.O., London, 1964.

<sup>(2)</sup> G. I. Roth: «An Economic Approach of Traffic Congestion»; J. C. Tanner: *Pricing the use of roads*, dans: *Proceedings of the Second International Symposium on the Theory of Traffic Flow* (OCDE), Londres 1963.

<sup>(3)</sup> Beau, François: «Essai de généralisation de la théorie marginaliste en vue de la tarification des services publics.» *Annales du Conseil supérieur des transports* — Études, n° 13 — 1964.

Le coût marginal de congestion et la taxe optimum («optimum charge») sont ainsi calculés en fonction de la vitesse finale.

Les auteurs du rapport Smeed calculent ensuite la taxe optimum en fonction de la vitesse actuelle pour les routes urbaines et pour les routes rurales.

La taxe fiscale évaluée à 2 pence par mile (7,3 centimes/km) est optimum pour une vitesse d'environ 19 miles par heure (30 km/heure) pour les routes urbaines et d'environ 26 miles par heure (42 km/heure) pour les routes rurales.

La taxe uniforme actuelle produit un bénéfice substantiel même lorsqu'elle ne correspond pas à l'optimum.

Les auteurs anglais appellent bénéfice le surplus des usagers; dans le cas précédent, c'est la différence entre le surplus calculé dans le cas d'une taxe égale à 2 pence uniformément et celui calculé dans le cas où aucune taxe n'est appliquée; dans le cas de l'application d'une taxe de congestion, c'est la différence entre le surplus calculé dans le cas de l'application de cette taxe et celui calculé dans le cas de l'application des taxes actuelles sur les voitures.<sup>(4)</sup>

Tanner montre qu'en appliquant une taxe égale à la moitié de la taxe optimum, le bénéfice est encore de 80% du bénéfice maximum.

Nous aurons l'occasion de nous étendre sur le fait que dans la fixation des taxes il est préférable de se tromper par défaut plutôt que par excès.

Cette prudence se justifie notamment par le fait que les coefficients des formules (1) et (2) ci-dessus sont incertains.

Dans la formule (1),  $b$  est le prix du temps, dont la valeur est bien incertaine.

En ce qui concerne la formule (2), le coefficient  $f$  varie du simple au double, suivant les auteurs, et la notion elle-même d'un trafic moyen et d'une vitesse moyenne dans une zone urbaine donne lieu à de grandes difficultés de définition, comme on peut s'en rendre compte par la lecture de l'article de Roth cité plus haut.

La tarification optimum ne donne lieu à des gains de vitesse que pour une gamme limitée de vitesses et ces gains sont extrêmement faibles en proportion; par exemple, le gain de vitesse pour une vitesse de 10 miles n'est que de 1,5 mile.

Il est certain qu'il sera difficile de faire admettre par les usagers le paiement d'une taxe de 30 centimes par kilomètre pour faire passer leur vitesse de 16 km à 18,4 km à l'heure, et cela d'autant plus, que la tarification s'appliquant à toute une zone où les vitesses initiales ne

<sup>(4)</sup> Voir Tanner: *Pricing the use . . .* —, op. cit.

sont pas rigoureusement les mêmes, les usagers de certaines rues qui auront payé cette taxe, rouleront avec une vitesse inférieure à la vitesse moyenne optimum.

Comme le veut la théorie, la vitesse et la taxe optimum lorsqu'on se rapporte à la vitesse finale, ne dépendent pas de l'élasticité de la demande. La taxe optimum en dépend relativement peu lorsqu'on se rapporte à la vitesse initiale. Par contre, la réduction du débit dépend beaucoup de l'élasticité de la demande.

Il est facile de voir que dans le cas d'une élasticité nulle, le gain de vitesse et de débit est nul, et l'augmentation du surplus est nulle (cf. figure 4.17).

La théorie marginaliste reste cependant correcte: théoriquement, la tarification optimum reste la tarification marginale, mais on peut dire que cette théorie correcte perd entièrement son contenu<sup>(1)</sup>.

En raison de toutes les réserves exprimées plus haut, nous ne suivons pas les auteurs anglais dans leur proposition de tarification proportionnelle au temps ou à la distance en ville qui est étudiée plus en détail en 2.32. Les contraintes qu'elles entraîneraient pour les usagers, la difficulté du contrôle, les fraudes, tout cela est à mettre au passif de ces méthodes.

Le bénéfice de la taxation, c'est-à-dire l'augmentation de surplus, s'élève d'après les calculs de Tanner<sup>(2)</sup>, à 52 millions de livres, si on considère une valeur de 100 pence pour le prix de l'heure, et à 109 millions si le prix de l'heure est de 200 pence, soit 11,6 F/heure dans le deuxième cas. Pour une vitesse actuelle de 12 miles/heure et une taxe de 4,5 d environ le bénéfice serait de 1/2 d/mile (1,8 centime par km), soit 1/9<sup>e</sup> de la taxe, le gain de vitesse étant d'un peu plus d'un mile/heure.

Ce bénéfice est calculé pour une élasticité égale à 1; il serait plus faible pour des élasticités inférieures.

Il faut être très prudent dans la création de nouvelles taxes qui modifieraient de façon souvent insensible la situation actuelle et n'apporteraient à la collectivité qu'un bénéfice assez réduit, et qui pourrait être encore plus réduit si des erreurs sont commises dans l'appréciation des différents paramètres utilisés dans les calculs<sup>(3)</sup>.

Smeed, très justement d'ailleurs, propose de fixer les taxes de congestion par une méthode empirique.

Nous indiquerons en 4.1 et en 4.3 quel est notre jugement général sur la théorie de la congestion et l'utilisation que nous proposons d'en faire sur le plan opérationnel.

La théorie des auteurs anglais a été développée et

(1) L'élasticité liée au phénomène de stimulation (annexe 4.21) est faible. Les pertes dues à l'application de péages absolus non conformes à la théorie sont donc faibles.

(2) Tanner: *Pricing the use* . . . , op. cit.

(3) A ce sujet, la figure 3.21.1 montre la très grande dispersion des courbes vitesse/débit. Cette dispersion laisse des doutes sur la valeur opérationnelle de la courbe moyenne que l'on peut établir en utilisant ces éléments et la légitimité des opérations de dérivation (qu'implique la théorie du « Road Pricing ») appliquées à une telle courbe moyenne.

perfectionnée, comme nous allons le voir, dans l'annexe 4.12 notamment, en tenant compte de la concurrence voitures — transports en commun, autoroutes — routes et de la non-uniformité de la valeur du temps.

En déblayant le terrain et notamment en calculant le surplus des usagers, les auteurs britanniques ont néanmoins apporté une contribution essentielle à l'étude de la tarification des infrastructures.

### 3.21.2

La mission donnée au groupe de travail britannique du « Road Pricing » ne lui permettait pas de prendre position sur l'affectation des ressources provenant de la taxe de congestion et toutes les hypothèses concevables concernant cette affectation y sont envisagées. Mais à titre d'hypothèse de travail il est admis que la taxe sur l'essence soit réduite de manière qu'il y ait compensation entre le montant des recettes de la taxe de congestion et la réduction globale de la taxe sur l'essence. C'est la thèse que nous développerons aux chapitres 5, 7 et 8.

Les auteurs entrevoient que l'imposition d'une taxe de congestion entraînerait un reflux vers les transports en commun et donc la nécessité de prévoir des investissements pour ce mode de transport.

Les auteurs estiment qu'en rase campagne, en raison du faible degré de congestion, il n'y a pas lieu de modifier le mode de taxation actuel.

Le rapport envisage les effets à long terme de la taxation de la congestion: l'occupation des voitures augmentera, certaines activités s'éloigneront du centre.

Les usagers à valeur du temps élevée remplaceront les usagers à valeur du temps plus faible; la proportion des voyages d'affaires augmentera. Les pointes seront atténuées.

Les auteurs admettent que les recettes devront être affectées à des investissements destinés à améliorer la circulation contrairement à certains théoriciens français qui estiment que les excédents obtenus en ville devraient être transférés dans les réseaux des campagnes.

Nous soutenons une thèse analogue à celle des auteurs anglais en 4.3, 8 et 9.2.

## Annexe 3.22 Théorie de la congestion — Recherches américaines

### 3.22.1 RECHERCHES DE BECKMANN, MCGUIRE ET WINSTEN

Dans un ouvrage publié par ces auteurs<sup>(4)</sup> se trouvent développées ou simplement esquissées la plupart des théories ayant trait à la congestion que nous analysons dans le chapitre 3.2 et dans le chapitre 4.1.

— La congestion n'est pas sélective parce qu'elle

(4) Beckmann; McGuire; Winsten: *Studies in the Economics of Transportation*. Cowles Commission, Yale University, 1956-1959.



«répand» le coût du trafic le moins important: le trafic marginal, sur l'autre trafic.

L'existence d'itinéraires alternatifs non congestionnés a l'effet de constituer un plafond au péage de la route congestionnée. On reconnaît là une similitude avec notre théorie du concurrent réel (annexes 4.11 et 4.12).

— Les auteurs étudient le problème de l'environnement imparfait.

— Une route a une valeur sociale supérieure à la recette provenant de ses péages.

La règle de la rentabilité («pay for itself») est trop prudente pour la détermination d'un programme routier.

— Les auteurs considèrent des valeurs du temps variables et établissent une théorie du partage de trafic, que nous avons généralisée dans l'annexe 4.12.

— Peut-on par la tarification inciter au décalage des heures de bureau?

— Taxe sur le chiffre d'affaires pour réduire la congestion. Appel aux ressources générales justifié par le fait que les routes permettent a) un accroissement du bien-être b) les secours d'urgence.

Concilier équité et efficacité.

### 3.22.2 RECHERCHES DE MOHRING

Les recherches de Herbert Mohring et notamment l'article visé ci-dessous<sup>(1)</sup> sont une contribution importante à la théorie de la congestion, notamment parce que cet auteur a établi une théorie de l'investissement liée à la théorie de la congestion, identique à celle que nous développons à l'annexe 4.14.

Mohring étudie les largeurs optimum résultant de sa théorie et applicables à des zones urbaines de moyenne importance (Minnesota) où le coût d'une autoroute urbaine à 4 voies est \$ 1,2 million/mile, soit 3,75 millions F par km. Le calcul économique le conduit alors à proposer des routes de largeur supérieure à celles qui résultent des critères américains (il arrive à ce résultat sans doute parce qu'il admet un trafic ne variant pas avec le temps, trafic de pointe égal à 600 véhicules/heure au lieu de 1 500). Mohring établit aussi que, dans les hypothèses qu'il a admises, la fixation d'un péage unique se substituant à deux valeurs différenciées de péage (pointe et hors pointe) se traduit par des pertes économiques infimes inférieures à 0,4% (cf. annexe 4.17).

### 3.22.3 POINT DE VUE DE L'ADMINISTRATION

Le point de vue de l'administration américaine mérite d'être connu, car il est celui de l'administration qui exécute d'une manière qui donne satisfaction à l'utilisateur le plus important programme routier au monde.

D'après Saint-Clair<sup>(2)</sup> la peinture faite des horreurs de

(1) Mohring, Herbert: «Relation between Optimum Congestion Tolls and Present Highway User Charges.» *Highway Research Record* Nr. 47. *Highway Research Board*, Washington D.C.

(2) St-Clair, G. P.: «Congestion Tolls — An Engineer's Viewpoint.» *Highway Research Record* Nr. 47.

la congestion est très exagérée. Des embouteillages sévères se produisent de temps en temps, mais ils peuvent en général être attribués à une cause connue et d'ailleurs fortuite.

Tout compte fait, les automobilistes ne trouvent pas que conduire en ville soit si désagréable puisqu'ils persistent à le faire. Le pourcentage des voyages par tous moyens ayant pour origine ou destination le centre (C B D) varie de 9,2% à Chicago à 23,5% au maximum, si on néglige Washington où le centre est plus développé qu'ailleurs et où le pourcentage est de 34,8%.

Pour les voyages en voiture, les pourcentages sont respectivement 3,5; 21,7 et 25,3.

Le problème de la congestion des centres n'est donc aux États-Unis qu'une fraction du problème de la circulation en général.

Nous reproduisons en 3.22.4 d'autres extraits de l'article de Saint-Clair et nous nous y référons encore au chapitre 8. Bien que nous ne suivions pas jusqu'au bout la position anti-marginaliste ou, si l'on peut dire, anti-congestionniste de Saint-Clair, nous pensons cependant que beaucoup de remarques faites notamment sur la difficulté de faire admettre à l'utilisateur certains aspects d'une taxation excessive de la congestion méritent d'être retenues.

Saint-Clair attire aussi l'attention sur l'autorotationnement que nous étudierons plus loin à l'annexe 4.18.

Il ressort des chiffres reproduits en 8.1 que, rapportées aux véhicules-miles, les dépenses routières sont moins élevées en ville qu'à la campagne, excepté en ce qui concerne le programme inter-États.

L'auteur en déduit que l'intensité du trafic urbain apporte d'elle-même les ressources indispensables pour créer les infrastructures nécessaires sans qu'il soit besoin d'établir une taxe de congestion.

Pour 46 villes, les recettes provenant des taxes sont en moyenne de 11% en excès sur les dépenses réelles.

Si on ajoute à ces recettes les taxes foncières et les péages, on arrive au résultat que ces recettes sont en excès de 58% sur les dépenses routières.

En moyenne, pour ces 46 villes, les taxes frappant les usagers ont représenté 73,4% des recettes routières.

Nous terminerons par la citation suivante de l'article de Saint-Clair qui résume le point de vue de l'auteur et qui est sans doute aussi celui de l'administration:

«Avec 90% de ceux qui pénètrent dans le centre de Manhattan en utilisant les transports en commun et 80% à Chicago, que reste-t-il à accomplir que déjà le coût du parking et la congestion elle-même n'ont pas réalisé?»

### 3.22.4

Saint-Clair s'exprime entre autres comme suit dans l'article cité ci-dessus:

«Il faut bien que les coûts soient supportés d'une manière ou d'une autre et, à ce point de vue, le finance-

ment ne peut se faire que sur la base des coûts moyens.

Toute proposition se substituant à la taxation traditionnelle devrait être examinée au point de vue de son acceptabilité sociale et populaire et au point de vue de sa conformité avec les objectifs de développement à long terme de la région considérée.

C'est ajouter l'insulte à l'injustice de reconnaître que le temps perdu est un coût pour l'automobiliste et de dire ensuite qu'il doit payer pour maximiser son propre bénéfice une taxe qui fera sauter le coût du coût moyen au coût marginal.

Dans le cas d'une demande inélastique, la taxe de congestion n'apporterait qu'une très faible réduction de la congestion.

La théorie de Mohring est d'établir des tarifs égaux au coût marginal à court terme et de déterminer la taille des artères en la faisant varier jusqu'au point où les revenus du péage égalent le prix de revient de cette artère.

La différence entre les péages autobus et voitures doit être égale à la différence entre les coûts qu'un voyage supplémentaire par auto impose aux autres voyageurs et les coûts qu'un voyage supplémentaire par autobus leur impose.

Les ingénieurs sont habitués à baser leurs plans financiers sur le fait que les utilisateurs sont prêts à payer des taxes et des péages pour les extraordinaires économies de temps de parcours que procurent les améliorations routières. Appliquer ce qui semble être une amende à la congestion leur apparaîtra comme étant une approche négative.

La capacité pratique maximise le rendement en véhicules/heure pour un niveau acceptable de congestion; en atteignant ce but le fonctionnaire tient compte du fait qu'en dehors des pointes les temps de parcours seront réduits, qu'il y aura de brèves périodes de forte congestion et qu'occasionnellement, en raison du temps, d'un accident, ou de quelque autre cas fortuit, il y aura de véritables embouteillages qu'il est prêt à accepter comme un risque calculé.

Si dans l'avenir il existe d'autres systèmes de propulsion que les combustibles, il faudra bien recourir à un autre système de taxe et des moyens électroniques pourront bien apparaître comme étant le moyen le plus logique de mesurer l'usage des routes.

Faire payer une taxe de congestion revient à faire payer deux fois la congestion à l'usager.

Si on fait payer la taxe de congestion pour financer les nouvelles autoroutes, celui qui paye la taxe de congestion subventionne les futurs utilisateurs des autoroutes à construire.

Mohring estime qu'en utilisant les péages de congestion on amortirait plus rapidement les nouvelles autoroutes à construire; cet auteur en tire la conclusion que des péages plus bas pourraient être pratiqués en admettant une durée d'amortissement plus proche de la normale.

La valeur du temps, qui est le principal facteur des coûts de congestion, est si incertaine que son utilisation pour déterminer la structure des coûts marginaux de congestion est contestable.

On est bien obligé de faire des calculs économiques en tenant compte des valeurs moyennes plus ou moins douteuses; on ne doit pas ignorer cependant que le temps a une valeur unitaire différente pour différentes personnes et pour la même personne à des époques différentes et dans des situations différentes.

Le développement progressif des programmes autoroutiers dans les grandes villes, couplé avec les progrès obtenus par une meilleure pratique du «trafic engineering», a déjà amélioré la circulation bien que les volumes de trafic continuent à augmenter.

Il n'y a pas eu d'augmentation des délais de circulation entre 1947 et 1954 à Washington malgré une augmentation du trafic et l'absence de toute construction routière d'envergure.

Le problème de la congestion des centres n'est pas le problème principal aux États-Unis: le pourcentage des trajets aboutissant au centre varie entre 9,2% à Chicago et 34,8% à Washington.

Dans 67 villes, 55% des véhicules pénétrant dans le centre avaient une destination située hors du centre.

#### *Transports en commun à Detroit*

Les chemins de fer de banlieue font la moitié de leur trafic total durant les 15 heures de pointe de la semaine; pour le métro, le chiffre correspondant est d'un tiers; pour les autoroutes, de 18%; pour une «Express way» à six voies le trafic dépasse 3 000 véhicules/heure dans une direction pendant 13 heures par jour (entrée dans la ville). Pour la sortie le chiffre correspondant est de 10 heures. Pendant les 6 heures quotidiennes où le trafic de 3 000 est dépassé à l'entrée comme à la sortie, le trafic correspond à 38% du trafic journalier.

Les véhicules pénétrant dans le centre sans y avoir leur destination doivent être éliminés par construction de voies de ceinture.

Le résultat de la théorie de la congestion est que le péage sera le plus élevé dans les rues où et dans les moments où la congestion est la plus élevée.

S'il est nécessaire d'obtenir des fonds supplémentaires pour les routes, des taxes régionales ne sont pas impensables; elles seront certainement préférables et auront probablement un rendement plus élevé que des péages de congestion prélevés sur les derniers kilomètres d'un voyage banlieue/ville, évalués par Mohring de 17 à 29 cents par mile (53 à 90 centimes/kilomètre) pour les quatre derniers kilomètres du parcours.»

### Annexe 3.23 Théorie de la congestion — Recherches françaises

L'initiateur des études sur la tarification de la congestion en France a été l'inspecteur général des ponts et chaussées Beau<sup>(1)</sup>.

Ces études viennent d'être reprises par Lévy-Lambert, qui semblait ignorer celles de Tanner et Smeed en Angleterre et de Mohring aux États-Unis.

Lévy-Lambert<sup>(2)</sup> a retrouvé les résultats de Mohring sur la représentation graphique des surplus et perte sèche (voir annexe 4.17). Il établit sa théorie sur des courbes de vitesse-débit non rectilignes qui sont celles utilisées par l'administration des travaux publics en France. Il fait intervenir le débit journalier au lieu du débit horaire de sorte que ses formules doivent être adaptées. Il a, comme les Américains, fait intervenir dans ses calculs le coût des accidents et celui du fonctionnement des véhicules.

Il a développé ses études dans trois directions originales:

- Il fait ressortir que le prix de l'essence doit être calculé hors taxes quand on calcule le bénéfice social, et taxes comprises quand on étudie le comportement de l'usager et notamment ses lois de demande. Il en résulte que le taux kilométrique de la taxe sur les carburants doit être retranché du taux de la taxe de congestion.
- Il a étudié le problème des frais de perception des péages et arrive à la conclusion que, sous certaines hypothèses, la perception de péages inférieurs à 2 centimes/km entraîne des pertes économiques.
- Il a étudié le problème de l'environnement imparfait, qui a une immense importance pratique; il s'agit de savoir quelles sont les conséquences économiques de l'existence d'une route assurant les mêmes relations que l'autoroute mais sur laquelle aucun péage n'est perçu.

La conclusion à laquelle Lévy-Lambert arrive par une démarche analogue à celle de Pigou<sup>(3)</sup> et à celle que nous avons employée nous-même pour traiter le problème de la concurrence automobiles-méto, est qu'il faut appliquer alors sur l'autoroute un péage égal à la différence des deux péages de congestion qu'il aurait fallu en théorie pure appliquer au trafic routier et au trafic autoroutier, si l'élasticité de la demande totale est nulle. Dans le cas contraire on a la formule:

$$p = p_a - \frac{p_r}{1 + ed'_r}$$

$p_a$  Péage autoroute  
 $p_r$  Péage route

} correspondant à l'optimum

<sup>(1)</sup> Beau: *Essai de généralisation* . . . , op. cit.

<sup>(2)</sup> Levy-Lambert, Hubert: « Le péage sur les autoroutes et la théorie économique. » *Transports* — n° 104 — Septembre-octobre 1965.

<sup>(3)</sup> Pigou, A. C.: *The Economics of Welfare*. McMillan — London, 1918.

$e$  Pente de la courbe de trafic en fonction du prix  
 $d'_r$  Pente de la courbe de coût moyen dr.

Sur un graphique débit-coût (voir figure 3.23) ont été portées les courbes

1	coût moyen route	$C$
2	coût marginal (total)	$C + B$
I	coût moyen autoroute	$C'$
II	coût marginal autoroute	$C' + B'$

Pour  $C$  et  $C'$ , on ne tient compte ici que de la valeur du temps, que Lévy-Lambert suppose être uniforme.

$$C = \frac{b}{V}$$

$$C' = \frac{b}{V'}$$

Notations habituelles:  $b$  prix du temps  
 $V$  vitesse

Les coûts totaux doivent être les mêmes à l'équilibre-indifférence de l'usager entre la route et l'autoroute (nous verrons plus loin, dans l'annexe 4.12.3, comment il faut préciser cette notion).

On a donc:

$$\begin{aligned} C + B &= C' + B' \\ B' &= B + C - C' \end{aligned} \quad (1)$$

On doit appliquer sur l'autoroute le péage

$$B' = B + B' - B = B + (C - C')$$

si  $B=0$  le péage à appliquer sur l'autoroute est

$$B' = B' - B = C - C'$$

De la relation (1) on déduit que la différence des coûts marginaux est égale à la différence des coûts moyens (au signe près). Ce résultat sera interprété au paragraphe 4.12.3 (annexe 4.12).

### Chapitre 3.3

#### ANNEXE 3.3 MODÈLE DU PROFESSEUR ALLAIS

Nous avons vu que ce modèle<sup>(4)</sup> se réfère à la définition classique de la saturation économique comme d'un seuil et qu'il conduit à fixer les péages suivant la loi de l'offre et de la demande lorsque ce seuil est dépassé.

Ce modèle est moins élaboré que celui du « Road Pricing » (annexe 3.21); il ne permet pas de prendre en compte des degrés variables de qualité de service. On verra qu'il ne permet pas de justifier économiquement des péages pour des infrastructures optimales en dehors de quelques heures par an.

Il ne trouverait d'application pratique que dans le cas d'infrastructures urbaines congestionnées pendant toute la journée.

<sup>(4)</sup> Allais, Maurice: « Programme d'investissement et d'exploitation optimum d'une infrastructure de transport ». *Revue de la Fédération internationale de l'automobile*, 1965, n° 4.

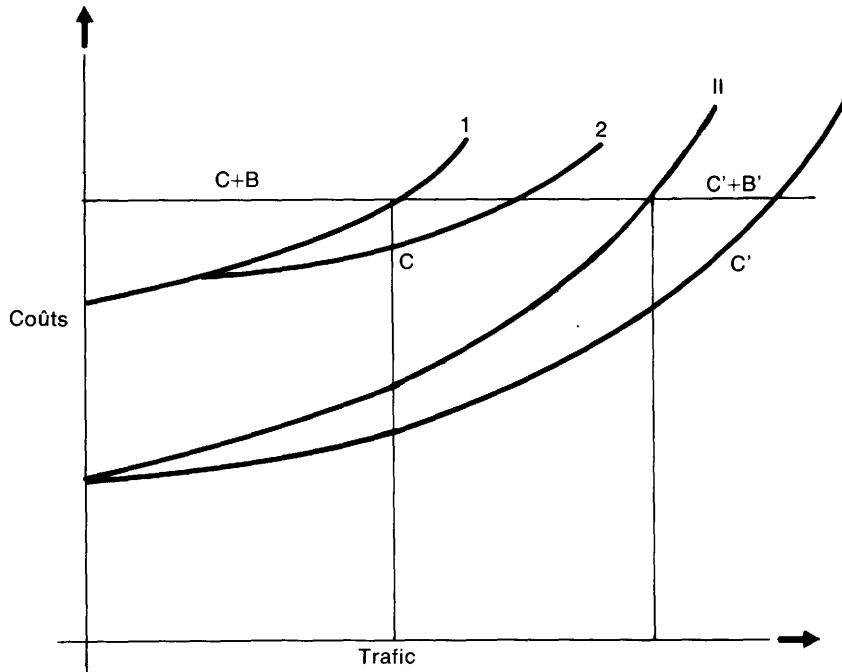


Figure 3.23

Quand on considère une voie urbaine congestionnée (nous parlons d'une voie du centre et non pas d'une radiale où le trafic, comme on le voit à l'annexe 3.64, est beaucoup plus différencié), on peut constater une congestion pendant huit à douze heures par jour.

Il peut être tentant alors de considérer que la capacité étant dépassée, il y a lieu d'ajuster le trafic aux possibilités par l'application d'une taxe. Suivant la théorie du professeur Allais cette taxe devrait varier suivant les heures de la journée puisqu'il s'agit de réduire une demande virtuelle qui est variable et, d'ailleurs, impossible à évaluer. Suivant la théorie de la congestion, il faudrait appliquer une taxe constante puisque la taxe est fonction de la vitesse moyenne réelle, laquelle serait maintenue constante comme le volume, pendant cette période de huit à douze heures.

Suivant la théorie de la congestion la taxe variable suivant la demande serait anti-économique dès qu'elle atteindrait une valeur supérieure à la taxe optimum calculée en fonction de la vitesse.

Dans le cas de la théorie du professeur Allais, la difficulté est de connaître les lois de demande compte tenu de l'intervention de l'autorotation; dans le cas de la théorie de la congestion, la difficulté est de connaître la vitesse finale obtenue, faute de quoi la taxe imposée conduira à des pertes économiques.

Dans la suite de ce rapport, on se référera au modèle du «Road Pricing» (3.2) que nous essayerons de perfectionner notamment en 4.12.

Le modèle du professeur Allais a l'intérêt de traiter en même temps les problèmes d'investissement et de tarification. Il est rappelé que l'équilibre budgétaire est possible lorsque le coût de l'infrastructure est propor-

tionnel à la capacité. Bien que le cas d'un ouvrage soit seul analysé, il est indiqué que l'optimum correspond en général à la réalisation de plusieurs ouvrages successifs.

## Chapitre 3.5

### Études sur la demande

#### ANNEXE 3.52.1 RECHERCHES RÉCENTES COMMUNAUTAIRES

En vue de déterminer les conséquences économiques des diverses méthodes de tarification des infrastructures que les différents groupes de travail internationaux avaient permis de définir (voir 3.4), la Commission des Communautés européennes et le Service des affaires économiques et internationales (SAEI) du ministère de l'équipement français ont été amenés à se pencher sur le problème de la formalisation de la demande de transport.

Les recherches confiées par ces deux organismes aux bureaux d'étude SETEC et CREDOC s'écartent délibérément des modèles traditionnels déjà exposés, dont les limites ont été atteintes. Il a semblé nécessaire d'introduire un certain nombre de paramètres qui paraissent prédominants dans le problème de la demande de transport:

- a) distinction de plusieurs catégories de transport pour lesquels le comportement des individus est visiblement soumis à des lois fort différentes selon par exemple les motifs de déplacement de personnes, l'importance du coût du transport des marchandises dans le prix de vente de celles-ci;



- b) répartition des agents économiques selon plusieurs classes dans lesquelles les centres de décision et les contraintes qui limitent les décisions sont semblables;
- c) prise en compte simultanée dans un modèle unique de tous les choix possibles en matière de transport:
  - mode de transport,
  - destination du transport,
  - quantité de transport consommée par unité de temps;
- d) généralisation des modèles au cas de plusieurs modes et itinéraires concurrents.

Dans cette optique et en s'inspirant de recherches effectuées dans divers pays dans des domaines plus restreints ou dans des branches différentes de l'économie, un premier modèle de comportement stochastique permettant de reconstituer la demande de transport de voyageurs a été élaboré et doit être testé prochainement. Ses principales caractéristiques sont les suivantes:

Les individus concernés sont d'abord répartis en catégories homogènes (des enquêtes permettront de vérifier la vraisemblance de la décomposition) quant à leur situation, c'est-à-dire quant:

- aux moyens de transport dont ils disposent;
- à la manière dont ils organisent leur transport (régularité, nombre de personnes, voyages à buts multiples . . .).

Après avoir dégagé la relation entre ces classes de situation et des variables plus connues comme le revenu, la taille du ménage, etc., il reste à analyser le processus de choix des individus composant chaque classe.

Pour cela on suppose que ces derniers se répartissent en quatre catégories:

- ceux qui choisissent le mode de transport à destination fixée,
- ceux qui choisissent la destination à mode de transport fixé,
- ceux pour lesquels ni la destination, ni le mode ne sont fixés, mais qui choisissent le mode avant la destination,
- ceux pour lesquels ni la destination, ni le mode ne sont fixés, mais qui choisissent la destination avant le mode.

Il est envisagé soit de repérer l'appartenance à l'une de ces catégories par un autre indicateur, soit d'ajuster les pourcentages de la population appartenant à chacune d'entre elles par régression multiple.

Au cas où la destination est fixée (par exemple pour un voyage d'affaires auprès d'un client, ou un voyage social chez un ami), la probabilité, pour un individu d'une classe, d'utiliser un mode déterminé (ce qui correspond au pourcentage des agents de la classe empruntant ce mode, puisque le comportement de tous ces agents est supposé homogène) est égale:

- dans une première variante à la probabilité pour que son coût généralisé (qui comprend un terme aléatoire) soit inférieur à tous les autres;

le coût généralisé d'un transport est la quantité:

$$X_{ij}^{mp} = P_{ij}^p + \theta^{mp} \quad t_{ij}^p + \varepsilon_{ij}^{mp} = C_{ij}^{mp} + \varepsilon_{ij}^{mp}$$

<i>i</i>	Origine
<i>j</i>	Destination
<i>p</i>	Mode de transport
<i>m</i>	Motif du transport
$P_{ij}^p$	Prix du transport de <i>i</i> à <i>j</i> par le mode <i>p</i>
$\theta^{mp}$	Valeur du temps de transport par le mode <i>p</i> pour le motif <i>m</i>
$t_{ij}^p$	Temps du transport de <i>i</i> en <i>j</i> par le mode <i>p</i>
$\varepsilon_{ij}^{mp}$	Résidu aléatoire

- dans une deuxième variante (modèle de Luce) au rapport de la part certaine du coût généralisé du mode à la somme des parts certaines des coûts généralisés de tous les modes possibles

$$\left( \frac{C_{ij}^{mp}}{\sum C_{ij}^{mp}} \right)$$

Il faut bien voir que ceci correspond à une généralisation de la notion d'affectation (à destination fixée) en fonction de la différence des coûts (1<sup>er</sup> modèle) ou du rapport des coûts (2<sup>e</sup> modèle).

L'originalité du modèle consiste à effectuer la même opération, au cas où la destination n'est pas fixée, avec un coût supergénéralisé qui comprend en plus un élément mesurant l'attrait de la destination.

Par exemple pour le 1<sup>er</sup> modèle:

$$\pi_j^p = \frac{\pi}{1 \neq j} \quad [\text{Prob}(y_1^p < y_j^p)]$$

$\pi_j^p$ : Probabilité pour que la destination soit *j* (le mode *p*, l'origine *i* et le motif *m* étant fixés)

$y_1^p = b^p s_1 - X_1^p$  «utilité» du transport vers 1 où  $s_1$  est l'attractivité de la destination 1.

$b^p$  la valeur monétaire de l'unité d'attractivité d'une destination (pour le mode *p*)

$X_1^p$  Coût généralisé du transport de *i* en 1 par le mode *p*.

Cette formulation permet donc de rendre compte de la distribution du trafic entre les diverses destinations possibles en même temps que de l'affectation entre modes.

L'utilisation du 2<sup>e</sup> modèle qui s'écrit ici:

$$P_j^p = \frac{(y_j^p)^r}{\sum_y (y_j^p)^r} \quad \text{où } P_j^p =$$

Probabilité pour que la destination soit *j* et le mode *p* permet même de rendre compte de la possibilité de ne pas se déplacer,

la probabilité que la destination soit identique à l'origine (donc  $X_j^p = 0$ ) n'étant pas nulle puisque:

$$y_j^p = b^p s_j$$

Le modèle permet donc de déterminer, en fonction des éléments prix, temps . . . de chaque moyen de transport en concurrence, la probabilité pour qu'un individu appartenant à une catégorie de situation donnée, utilise effectivement un mode quelconque pour aller d'un point  $i$  à un point  $j$ . Ceci revient à connaître le nombre total d'individus qui utilisent un moyen de transport donné, c'est-à-dire la courbe de demande par simple recombinaison.

Des enquêtes devraient permettre de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de comportement sous-jacentes à ce modèle et en particulier:

- la possibilité de relier la situation d'un individu face au choix de ses transports, à des variables telles que revenu, taille des ménages . . . ;
- l'arbitrage effectif d'un individu entre attrait d'une destination et coût du transport. Le processus de choix ne se rapproche-t-il pas d'un processus par élimination des modes et des destinations dont le temps, le coût sont trop forts, ou l'attrait trop faible?

#### ANNEXE 3.52.2 RECHERCHES DE LA SARC (SYSTEMS ANALYSIS RESEARCH CORPORATION — ÉTATS-UNIS)

Il s'agit d'une première analyse de la demande de transport dans le corridor nord-est des États-Unis (Boston, New York, Washington) effectuée par la Systems Analysis Research Corporation.

L'approche qui y est adoptée est contraire à la précédente, elle consiste à chercher un modèle global qui s'ajuste le mieux possible sur la répartition observée des transports entre les destinations et les modes.

Les statistiques étaient insuffisantes pour analyser les séries chronologiques en isolant l'effet des modifications de tarifs de celui d'autres facteurs comme l'élévation du revenu réel.

Il a donc été tenté d'effectuer un ajustement d'une fonction à élasticités constantes sur les séries de trafics observés la même année entre les douze villes principales de la zone nord-est des États-Unis:

$$\log D_{ij}^{mz} = A_{ij}^{mz} + \sum_m e^{mz} (p) \log P_{ij}^{mz} + \sum_m e^{mz} (t) \log T_{ij}^{mz}$$

$i-j$  : origine-destination

$m$  : mode de transport

$z$  : motif du transport

$P_{ij}^{mz} e^{mz} (p)$ : prix du transport par le mode  $m$ , élasticité de la demande par rapport à ce prix

$T_{ij}^{mz} e^{mz} (t)$ : temps de transport, élasticité de la demande par rapport à ce temps

Ce modèle est intéressant puisqu'il fournit directement les élasticités propres et croisées par rapport aux prix et aux temps. Les résultats obtenus présentent néan-

moins quelques anomalies dues aux particularités de la formulation (voir tableau ci-après):

#### Coefficients d'élasticité déduits de l'étude SARC

Elasticité de la demande des différents modes de transport par rapport aux facteurs suivants:	Modes			
	Auto	Bus	Rail	Air
<i>Pour voyages personnels</i>				
Produit des populations	0,794	0,673	0,854	0,911
Revenu par tête	1,523	2,542	0,465	1,905
Facteur d'attraction	1,574	1,869	1,601	1,620
Temps auto	-1,364	0	0,658	1,120
Temps bus	0,074	-1,589	0	*
Temps rail	0,458	0	-2,636	0,857
Temps air	0	*	0,052	-2,213
Coût auto	0,929	0	0	0,095
Coût bus	0	-0,689	3,150	*
Coût rail	0,185	0	-3,003	0
Coût air	0,489	*	0	-0,914
<i>Pour voyages d'affaires</i>				
Produit des emplois	1,067	0,802	0,898	0,929
Revenu par tête	*	*	*	1,418
Facteur d'attraction	0,338	*	*	0,838
Temps auto	-3,410	0	0	1,078
Temps bus	0	-1,700	0	*
Temps rail	0,844	0	-4,376	0,973
Temps air	0	*	0,361	-2,163
Coût auto	-0,358	0	0	0
Coût bus	0	-0,740	2,283	*
Coût rail	1,127	0	-0,354	0
Coût air	0	*	0	-0,891

\* = Variables non introduites dans le modèle.

- l'utilisation des prix et temps comme variables séparées, se justifie difficilement. De plus, la proportionnalité fréquente entre eux introduit des instabilités dans la régression multiple;
- l'absence d'enquêtes de comportement n'a pas permis de déterminer la manière dont les individus apprécient les différents éléments des variables prix et temps. Il a fallu reconstituer leurs valeurs à partir de données de validité variable, ce qui ne laisse pas de poser de nombreux problèmes (coût des transports terminaux, valeur psychologique du temps d'attente des transports en commun . . .);
- pour comparer des statistiques de transports sur des relations différentes, il faut être certain d'avoir pris en compte tous les paramètres qui influent sur leur niveau. L'introduction d'une variable «attractivité relative» de la ville destination par rapport à l'origine répond en partie seulement à ce souci.

Il serait dangereux de vouloir utiliser les résultats de la régression pour des prévisions de trafic après mise en service d'un nouveau transport par exemple. Le modèle

à élasticité constante n'est valable que pour des variations assez faibles des paramètres.

On peut, d'autre part, considérer avec un certain scepticisme le nombre de décimales retenues dans le tableau.

### Chapitre 3.6

#### Données et recherches sur le problème urbain

#### Annexe 3.61 Recherches américaines sur la tarification du stationnement

Dans une étude, W. Helly<sup>(1)</sup> distingue dans un quartier de New York trois sortes de parking: parking gratuit «en rue», parking payant «en rue», parking payant «hors rue».

L'automobiliste cherche d'abord une place gratuite puis une place payante en rue puis une place payante hors rue (car les parkings en garage sont plus chers que les parkings payants en rue à New York). Pendant qu'il est à la recherche d'une place, il augmente sans utilité le volume du trafic, un véhicule en mouvement occupant trois fois plus de place qu'un véhicule au repos.

L'auteur montre que si on réduit le nombre de places de parking au-dessous d'un certain optimum, la surface occupée par les véhicules en mouvement augmente considérablement du fait de l'allongement du temps de recherche de places de parking par ces véhicules; la réaction naturelle sera de diminuer le nombre de places de parking au bord des rues pour faciliter la circulation, alors que c'est exactement le contraire qu'il faudrait faire.

C'est également une erreur d'élargir les rues tout en réduisant le nombre de places de parking par des restrictions de plus en plus sévères.

Pour diminuer le temps et la place perdus en recherches vaines, l'auteur montre qu'il y a intérêt à rendre les trois espèces de parking également désirables pour le conducteur. Pour arriver à ce but il faut:

- 1° que tous les parkings «en rue» soient payants,
- 2° que le prix des parkings «en rue» soit plus élevé que celui des parkings en garage puisqu'à prix égal ils sont plus attractifs.

Ceci est tout à fait contraire à la pratique actuelle. La réduction du prix des parkings hors rue ne conduira pas à des pertes pour les garages car leur degré d'occupation augmentera du fait que les nouveaux tarifs seront tels que les trois sortes de parking étant devenues également attractives, la répartition entre les trois genres sera égale alors que dans la situation actuelle les garages sont vides quand la demande est faible. L'auteur estime que par ce système le volume de voitures à la recherche (en américain «cruising cars») d'une place serait réduit d'un tiers.

<sup>(1)</sup> Helly, W.: «Efficiency in Road Traffic Flow.» Port of New York Authority. *Second International Symposium on the Theory of Traffic Flow.* London 1963 — OCDE.

#### Annexe 3.62 Utilisation de l'espace aérien (2)

On constate aux États-Unis un mouvement qui semble avoir son origine en Californie, pour utiliser l'espace au-dessous et au-dessus des autoroutes pour d'autres usages tels que: appartements, bureaux, restaurants au-dessus, bâtiments officiels et parkings en-dessous.

Exemples de réalisations: Connecticut (bibliothèque publique), Chicago (bureau de poste), New York (quatre immeubles à appartements de 34 étages).

Les droits à l'espace aérien pour deux «blocs» ont été vendus pour \$ 1 065 000.

Les constructeurs ont investi dans cet espace \$19 600 000 soit trois fois la valeur taxable de la propriété dans sa situation antérieure, donnant donc à la ville un revenu trois fois supérieur à celui qu'elle percevait avant la démolition des immeubles pour permettre la construction de l'autoroute.

Une modification de la loi fédérale a été nécessaire pour permettre l'utilisation de l'espace aérien des autoroutes du programme inter-États.

C'est à la suite des démarches de la Californie que la loi correspondante a été signée en juin 1961. Les États percevront les revenus correspondants. En Californie, on a récemment étendu la durée des locations à 51 ans.

On envisage aux États-Unis le doublement en 35 ans de la population urbaine.

Des réalisations comme Maine-Montparnasse à Paris répondent au même souci. Cependant, en Europe, en France tout au moins, la lenteur d'adaptation de l'impôt foncier fait perdre aux collectivités la plus grande partie du bénéfice qu'elles pourraient retirer de ces opérations. D'autre part, les acquéreurs sous-estiment la valeur de l'espace aérien et les prix proposés s'en ressentent.

En Amérique, on apprécie surtout le fait que les parcelles ainsi obtenues offrent de larges surfaces d'un seul tenant qu'il est beaucoup plus pénible d'obtenir par acquisition de parcelles contiguës appartenant à des propriétaires différents.

Il ne nous paraît pas douteux qu'au fur et à mesure du rapprochement des niveaux de vie européen et américain, l'intérêt pour ce genre d'opérations s'accroîtra en Europe ainsi que les bénéfices correspondants.

Les opérations de remodelation du centre en liaison avec des opérations de voirie et de parking devraient permettre de résorber une grande partie du prix des terrains nécessaires à la voirie, terrains qui, dans la plupart des cas comme dans ce qui précède, pourront avoir des utilisations multiples.

C'est au fond de la récupération d'une partie de la rente d'un effet externe de l'autoroute qu'il s'agit.

<sup>(2)</sup> Doyle, Austin R.: «Air Space.» *California Highway and Public Works* — September-October 1965.

### Annexe 3.63 Données sur le boulevard périphérique à Paris

Il n'existe pas, malheureusement, de statistiques systématiques et de courbes des débits classés; les renseignements suivants ont été recueillis:

A la Porte de la Plaine, le trafic est de 1 700 véhicules/heure à la sortie.

De tels débits poseraient, à l'entrée, des problèmes pour la perception des péages.

A la Porte Brancion, le trafic est de 700 véhicules/heure à l'entrée.

Dans la zone Porte de Versailles, Porte de Châtillon, où il n'y a pas de mélange avec le trafic des autoroutes, la progression du trafic, si on élimine les sauts dus à l'ouverture de nouveaux tronçons, est de 18 % par an.

Les pointes ont lieu à 8h - 9h - 10h - et 19h - 20h.

Dans la zone où le trafic de la Porte d'Orléans vers l'autoroute du Sud se mélange au trafic du périphérique, on a 110 000 véhicules par jour sur cinq files.

Dans la zone comprise entre la Porte de Vanves et la Porte de Châtillon, et dans ce sens, on a les résultats suivants (pour trois files):

	<u>janvier 1966</u>	<u>octobre 1964</u>
pointe journalière	46 000	42 590
pointe horaire	5 000	4 507 <sup>(1)</sup>

La vitesse est supérieure à 45 km à l'heure, sauf dans la zone Gentilly-Italie où le boulevard inachevé débouche sur des carrefours à niveau.

Entre la Porte d'Orléans et la Porte de Châtillon, la situation se présente comme suit:

	<u>janvier 1966</u>
trafic journalier	57 000
trafic de pointe	6 200
nombre de files	3

Entre la Porte de la Plaine et la Porte de Sèvres, le trafic journalier est de 26 000 véhicules (près de l'extrémité).

Le boulevard périphérique est donc à saturation à la pointe, en plusieurs points, quelques années après sa mise en service; par contre, la courbe de charge est très différenciée: elle a une forme analogue à celle que l'on constate à Paris, sur des radiales à trafics très différenciés (voir annexe 3.64).

### Annexe 3.64 Courbes de charge urbaines

Les graphiques ci-après se rapportent à deux voies parisiennes:

- l'avenue Daumesnil (figure 3.64 a);
- l'avenue du Général-Leclerc (figure 3.64 b).

Ils représentent la variation du trafic heure par heure et constituent ce que l'on peut appeler la courbe de charge de ces voies.

(1) Pendant le Salon de l'automobile; 4 381 après.

On constate que pour l'avenue du Général-Leclerc, qui est représentative de la plupart des voies du centre, la voie fonctionne à charge presque constante huit heures par jour, avec une légère prédominance dans la pointe du soir et une légère rémission vers midi. La courbe de charge de l'avenue Daumesnil, qui est une radiale (comme celle du boulevard périphérique, qui est une rocade), comporte des pointes accusées le matin et plus encore le soir, périodes où la voie est au voisinage de la saturation, mais dans les intervalles le trafic est notablement inférieur au trafic de saturation, ce qui permet des vitesses nettement plus élevées.

On apprécie, à l'occasion de cet exemple, l'importance de la notion de qualité de service. Dans l'industrie les courbes à charge constante sont considérées comme l'idéal; il n'en est rien en matière de technique de la circulation. Nous avons vu qu'au voisinage de la saturation des facteurs d'instabilité s'introduisent dans le courant de circulation, qui en ville peuvent conduire au blocage total de celle-ci.

Aux pertes déjà calculées s'ajoutent celles qui pourraient résulter du retard des secours contre l'incendie ou des transports de blessés d'urgence.

C'est la raison pour laquelle nous donnons aux courbes à charge quasi constante correspondant à la saturation le nom de courbes de charge dégradées.

L'idéal serait évidemment une courbe de charge constante à 15 % au-dessous du niveau de saturation, mais il est utopique d'espérer atteindre cet idéal, et la seule solution est de réaliser des capacités qui soient excédentaires hors pointe, de manière à limiter le plus possible la durée des périodes de saturation.

La création de parkings à prix réduits le long des radiales et l'établissement de bonnes liaisons pour autobus prioritaires entre ces parkings et le centre sont les éléments positifs, qui, joints à l'établissement d'une taxe différentielle de congestion modérée, permettront d'améliorer la circulation dans le centre des villes congestionnées.

### Annexe 3.65 Transports en commun à Baltimore (2)

D'une étude prospective sur les transports en commun pour la région métropolitaine de Baltimore, nous retirons les renseignements suivants:

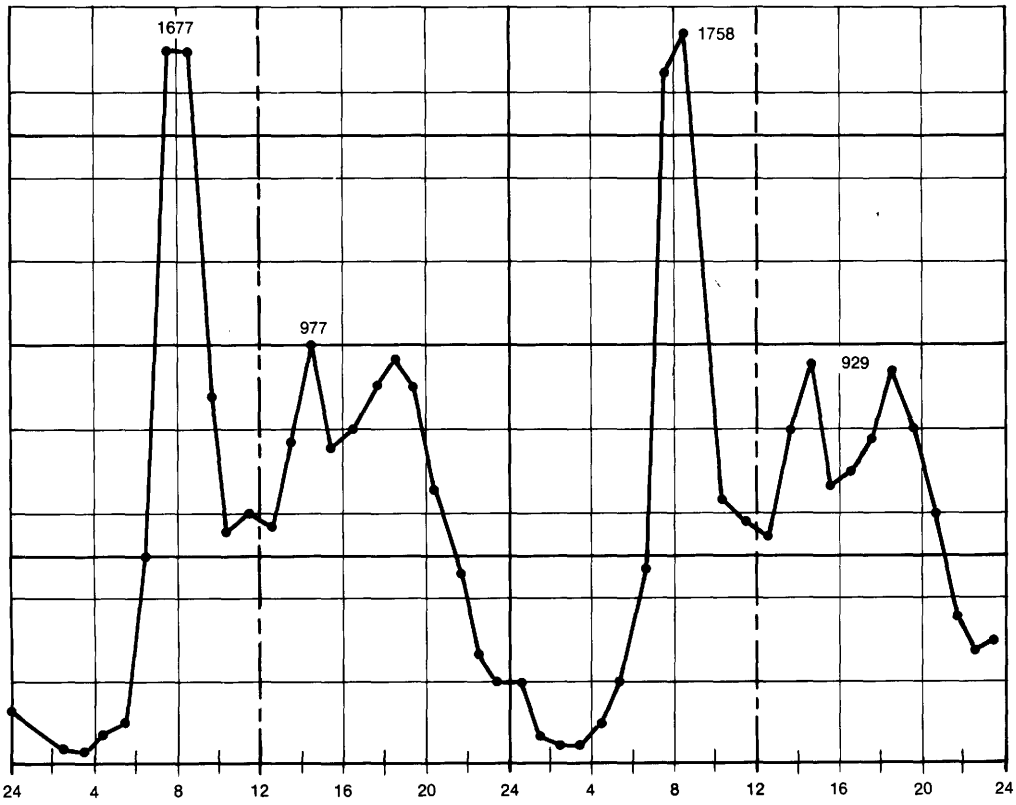
Il y a partage égal de trafic entre voitures individuelles et transports en commun lorsque le temps de parcours par les transports en commun est supérieur de 20 % au temps voiture, pour les voyages ayant pour origine ou destination le centre. Il y a donc un bonus pour les transports en commun.

Pour les voyages qui ont leur origine et destination hors du centre, c'est le contraire qui se passe; à égalité de temps de parcours, 30 % seulement utilisent les transports en commun.

En 1962, il y a eu 1 900 000 voyages de véhicules dont

(2) Parsons; Brinckerhoff; Quade; Douglas: « Mass Transport in Baltimore. »

Avenue Daumesnil

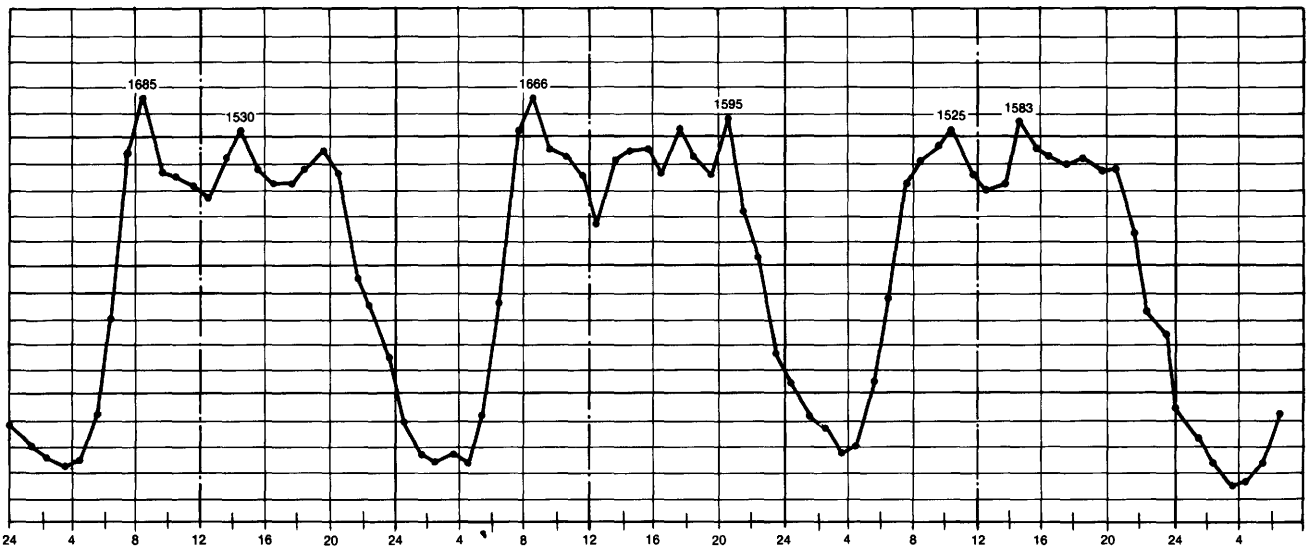


G 26.4.  
14 343

V 27.4.  
13 951

Figure 3.64a

AVENUE DU GÉNÉRAL LECLERC



Do., 19.4  
24 859

Fr., 20.4  
25 909

Sa., 21.4  
25 863

Figure 3.64b

un peu plus de 7% avaient le centre comme origine ou destination.

Sur 2 604 463 voyages de personnes, 9% étaient associés avec le centre.

Ces voyages se répartissaient de la manière suivante:

autos	81,1%
transports en commun	12,9%
autobus scolaires	4,7%
taxis et camions	1,4%

A Baltimore même, 21% du total des voyages et 38% des voyages ayant le centre comme origine ou destination étaient faits en utilisant les transports en commun.

On voit que dans une ville de l'importance de Baltimore, les conditions sont totalement différentes de ce qu'elles sont dans une ville plus grande, telle que Paris ou New York, et que l'utilisation des transports en commun est minoritaire.

Les efforts qui sont déployés pour leur permettre de se développer ont surtout pour but d'éviter le dépérissement du centre.

Le projet d'avenir établi par le bureau d'études consiste en un système comprenant un certain nombre de lignes de métro complétées principalement dans la périphérie par des voies autoroutières réservées aux autobus.

La vitesse du métro sera de 56 à 64 km/heure.

Les autobus (sur lesquels on commence déjà à installer l'air conditionné) sont prévus pour atteindre sur les voies spécialisées, des débits atteignant 180 bus à l'heure, ce qui exige une exploitation en pelotons.

### Annexe 3.66 Concurrence autobus-métro

Recherches de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne — Choix entre autobus et métropolitain<sup>(1)</sup>

La source est constituée par une enquête réalisée entre 1959 et 1961 par la SNCF et le SETEC auprès des usagers des lignes de banlieue, pour connaître le moyen de transport utilisé entre la gare parisienne de la ligne de banlieue et la destination finale.

Les éléments de choix étudiés ont été les suivants:

- dépense monétaire
- différence des temps de parcours
- nombre des changements de métropolitain
- fréquence de l'autobus.

On étudie successivement l'incidence de ces différents facteurs et on détermine leurs coefficients d'équivalence, qui sont les suivants:

Un gain d'une minute par trajet équivaut à une différence de 0,52 F sur le coût des cartes hebdomadaires ou à 4,8 centimes par voyage.

<sup>(1)</sup> Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne: « Étude de divers facteurs influant sur le choix entre autobus et métropolitain par les usagers des lignes SNCF de banlieue. » Octobre 1963.

Un changement de métro équivaut à 4,25 F de carte hebdomadaire ou à 7,89 minutes.

Une variation d'une minute du demi-intervalle de succession des autobus équivaut à 0,946 F de carte hebdomadaire ou à 1,82 minutes de temps normal.

La durée moyenne du changement de métro étant de 4 minutes, l'inconfort et la variance de l'attente sont donc évalués à 3,89 minutes supplémentaires.

Le coût d'une section d'autobus, qui était de 12 centimes par voyage, équivaut à 2,5 minutes.

Il résulte de ce qui précède, que la valeur moyenne d'une perte de temps d'une heure est égale à 2,90 F alors que le salaire horaire moyen des usagers des transports en commun est de 5,50 F.

Dans les conditions qui prévalaient à l'époque, le bonus de l'autobus était évalué à 3 minutes, c'est-à-dire à 14,4 centimes par voyage, ou un peu plus du prix d'une section, ce qui veut dire que pour une différence de prix de 14,4 centimes ou de temps de 3 minutes au désavantage de l'autobus, le trafic se partage également.

Il y a encore 15% des utilisateurs qui préfèrent l'autobus, alors que celui-ci implique une perte de temps supplémentaire de 16 minutes.

Les auteurs regroupent tous les résultats obtenus en calculant une différence de temps effective D 1:

$$D 1 = D + aA - bM + c \frac{I}{2}$$

où:

D = la différence des temps de parcours réels entre autobus et métro (non compté le temps de changement de métro)

A = la différence de coût monétaire hebdomadaire

M = le nombre de changements de métro

et

$\frac{I}{2}$  = demi-intervalle entre autobus.

La valeur des coefficients a, b, c est la suivante:

a = 1,92 minutes/franc

b = 7,89 minutes/changement de métro

c = 1,82 minutes/minute.

Pour obtenir les valeurs monétaires des coefficients correspondants, par voyage, il suffit de multiplier les chiffres précédents par 4,8 centimes.

Le pourcentage d'usagers utilisant l'autobus est donné par une loi approximativement Gauss-normale

$$P = f(D)$$

comme on l'a vu ci-dessus:

$$f(3) = 50\%$$

L'écart quadratique moyen entre cette courbe théorique et les résultats empiriques est:

$$\sigma = 4,3\%$$

### Annexe 3.67 Rapport Buchanan (2)

Dans un rapport établi en 1963 à la demande du ministre des transports britannique et connu sous le nom de rapport Buchanan, on trouve des renseignements précis sur le coût des travaux nécessaires pour adapter le réseau existant des voies de communication urbaines au développement de l'automobile.

La conclusion est que dans une ville comme Leeds, d'une population d'environ 500 000 habitants, il serait impossible, lorsque la motorisation sera complète, de permettre à tous ceux qui le désirent d'utiliser leur voiture pour aller à leur travail dans le centre.

On a calculé que 13 radiales de 6 à 8 voies devraient être créées pour réaliser cet objectif.

Remarquons qu'il s'agit d'une ville existante et où, suivant les habitudes anglaises, les résidences sont éloignées des lieux de travail, de sorte que, contrairement à une ville comme Paris et à beaucoup de villes continentales, la proportion de travailleurs pouvant aller à leur travail à pied est extrêmement faible.

Par contre, on peut affirmer que dans une ville entièrement nouvelle de cette taille le problème serait soluble.

Il en est vraisemblablement de même pour des villes américaines anciennes conçues sur le principe d'un quadrillage régulier et dans lequel le centre ne contient qu'une fraction relativement faible des lieux d'emploi.

Pour Leeds, les auteurs du rapport envisagent donc une solution consistant à réaliser un réseau viaire permettant l'utilisation des voitures pour le transport domicile-travail à raison de :

- 40% de la demande potentielle des emplois de la zone centrale,
- 70% de la demande potentielle des emplois de la zone entourant le centre,
- et 100% de la demande potentielle des emplois de la zone périphérique.

Il est à noter que 40% de la demande potentielle du centre ne représente que 26% du nombre total de personnes employées dans ce centre.

Bien entendu, les mouvements des véhicules commerciaux ainsi que les mouvements des voitures personnelles autres que les déplacements domicile-travail sont assurés à 100% de la demande potentielle.

Le réseau primaire de voirie correspondant comprend 110 km de voies dont les trois quarts seraient des voies nouvelles, la plupart ayant un caractère d'autoroute.

La dépense correspondante serait de £ 180 par habitant, c'est-à-dire de £ 450 par voiture (soit 6 300 F). Rapportée à la surface de la ville, la dépense serait de 7 F par m<sup>2</sup>; rapportée à la surface du centre de la ville, la dépense serait de 600 F environ.

Il s'agit en définitive de dépenses assez modérées; le chiffre de £ 450 est comparable au prix de revient d'une place de parking qui, dans la même ville, est de l'ordre

de £ 425. Il est du même ordre de grandeur que celui d'une voiture mais peut être amorti sur un plus grand nombre d'années.

La dépense par m<sup>2</sup> est d'un ordre de grandeur tel qu'une grande partie pourrait être imputée sur les ressources de l'impôt foncier porté à un taux modéré.

Dans le cas d'une ville existante d'environ 30 000 habitants (population devant être portée à 37 000 dans le stade final), avec une clientèle rurale de 30 000 habitants également (l'exemple choisi est Newbury), il est possible suivant les auteurs de permettre, moyennant une dépense assez modérée, l'usage des voitures sans restriction.

Dans ce cas la dépense est de £ 120 par habitant si on néglige la clientèle rurale de la ville, soit £ 300 par voiture (4 200 F). Elle est donc inférieure à celle prévue à Leeds, le résultat obtenu à Newbury étant de qualité supérieure, ce qui s'explique par les plus faibles dimensions de la ville.

Le prix de revient au m<sup>2</sup> de superficie urbaine serait également d'environ 7 F.

### Annexe 3.68 Logement et équipement urbain dans le V<sup>e</sup> plan français (2)

#### 3.68.1

Données sur les investissements et les programmes de logement et d'équipement urbain.

L'objectif est de 480 000 logements en 1970 dont plus de 420 000 dans le secteur urbain.

Cet investissement correspond à 6% du produit national brut pendant la même période.

De 1968 à 1985 on prévoit 5,5 millions de logements nouveaux et 6,6 millions de logements de remplacement, l'effectif actuel de logements étant de 16,5 millions.

#### Développement de la population urbaine

	Population des villes	Parc auto des habitants des villes
1962	29 600 000	4 470 000
1970	34 500 000	8 500 000
1985	43 800 000	16 100 000

La population urbaine est donc augmentée de 50%, et le parc de voitures urbain multiplié par 3,6.

Les besoins de la voirie d'ici à 1985 s'élèvent à 120 milliards de francs.

La valeur des voitures neuves achetées par les habitants des villes d'ici à 1985 est de 240 milliards de francs. Le coût moyen de la voirie nouvelle est de 6 à 30 millions de francs par kilomètre. La longueur de la voirie est de 100 à 160 mètres par habitant dans les villes de plus de 50 000 habitants.

(2) Ministère de l'équipement: *Rapport sur l'équipement urbain et le logement* — V<sup>e</sup> Plan.

(1) Buchanan, James M.: *Traffic in Towns* H.M.S.O., London.

Il était jugé souhaitable de dépenser au cours du V<sup>e</sup> Plan (1966/70) 30 à 40 milliards pour la voirie mais, pour des raisons de disponibilité de ressources, ce chiffre a été successivement réduit à 16,8 puis à 12,9, se décomposant en 6,78 pour le district de Paris et 6,12 pour les villes de province et les métropoles d'équilibre.

La dépense totale d'équipement urbain pour le V<sup>e</sup> Plan est de 33,25 milliards.

De ce total de 33,25 milliards, après déduction des dépenses de voirie imputées sur l'enveloppe «équipement routier» où elles représentent 12,9 milliards, et des sommes relatives aux transports en commun qui sont à imputer sur l'enveloppe «autres transports», il reste une somme de 16,2 milliards prise en charge à raison de 2,3 par l'État, 11 par les collectivités locales et 2,9 par les ménages ou les entreprises.

#### Équipement urbain V<sup>e</sup> Plan

	(en milliards) Coût total
Voirie	12,90
Stationnement	0,75
Transports en commun	4,15
Eau et assainissement	8,85
Espaces verts	0,85
Rénovation	1,40
Viabilité	3,45
Zones industrielles	0,90
Total	33,25

#### 3.68.2 DONNÉES SUR LES CHARGES DE LOGEMENT

De 1963 à 1966, le coût des logements a augmenté de 50%.

Les charges de logement varient actuellement de 1 à 6 et de 1 à 4 pour les logements datant de moins de 15 ans.

#### 3.68.3 DONNÉES SUR LES TRANSPORTS URBAINS

Le coût du transport est seulement de 15% du coût généralisé.

Au delà de 60 passages à l'heure de pointe, une voie spécialisée pour les autobus est nécessaire.

Les études de comportement des usagers ont montré que les usagers sont rebutés par des fréquences correspondant à des intervalles de plus de 5 minutes.

#### 3.68.4 DONNÉES SUR L'AIDE APPORTÉE PAR L'ÉTAT AUX PROGRAMMES URBAINS

La répartition des charges entre l'État et les collectivités locales est la suivante pour les diverses rubriques du programme de voirie de 12,9 milliards:

	Part de l'État
Autoroutes de dégagement hors agglomération	85%
Autoroutes dans les agglomérations	5%
Voies artérielles	30%
Voies de desserte	0%

La répartition par catégories de villes est la suivante:

	Dépenses totales (en milliards)	Part de l'État (de francs)	Pourcentage de la part de l'État
District de Paris	6,78	3,39	50%
Métropoles et villes assimilées	3,70	2,19	59%
Autres agglomérations	2,42	0,98	40%
Total	12,90	6,56	43%

Pour les métros de province une dépense de 140 millions est prévue, dont 65 à la charge de l'État et 75 à la charge des collectivités locales.

La dépense prévue pour le réseau express régional de Paris est de 1 350 millions (50% à la charge de l'État, 50% à la charge du district).

Les investissements restants de la RATP se montent à 2,1 milliards de francs à imputer sur fonds d'emprunt ou sur le compte d'exploitation.

Sur un total de 1 550 millions prévu pour les parkings, 800, c'est-à-dire un peu plus de la moitié, seraient pris en charge par le secteur privé.

L'aide de l'État est prévue pour les parkings lorsqu'ils se substituent à des emplacements sur chaussée.

### Chapitre 4.1

#### Recherches complémentaires sur la théorie du «Road Pricing» et liaison avec la théorie du concurrent

#### Annexe 4.11 Théorie du concurrent

Un problème d'investissement en matière de transport peut se formuler de la manière suivante en utilisant la présentation des programmes linéaires mixtes:

Objectif à minimiser:

$$c_t w_t + c_h w_h + x d_t + y d_h \text{ minimum}$$

$c_t, c_h$ : coût d'exploitation des ouvrages dont les coûts d'investissements sont  $d_t$  et  $d_h$ .

Conditions de capacité;  $x$  et  $y$ : variables d'existence des deux ouvrages;  $w_t$  et  $w_h$  trafic des deux ouvrages

variables duales

$$\begin{array}{rcl} \mu x - w_t & \geq & 0 \\ \gamma y - w_h & \geq & 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} q_t \\ q_h \end{array}$$

$\mu$  et  $\gamma$  sont des constantes égales à la capacité.



Condition de demande:

$$w_t + w_h \geq W \quad p_w$$

Pour simplifier l'écriture et en s'inspirant de l'article de Bessière<sup>(1)</sup> on a supprimé les indices indiquant les années et les indices de sommation.

Condition indiquant qu'il n'y a qu'un ouvrage de chaque espèce:

$$\begin{aligned} -x &\geq -1 & s_t \\ -y &\geq -1 & s_h \end{aligned}$$

Les variables duales ont été indiquées en regard des contraintes. Le dual se formule de la manière suivante:

$p_w - s_h - s_t$	maximum
$p_w - q_t \leq ct$	$w_t$
$p_w - q_h \leq ch$	$w_h$
$\mu q_t - s_t \leq dt$	$x$
$\gamma q_h - s_h \leq dh$	$y$

Supposons:

$x \neq 0 : y \neq 0$  (les deux ouvrages existent)  
 et  $w_t \neq 0 : w_h \neq 0$  (les deux ouvrages fonctionnent)

$$\begin{aligned} q_t &= p_w - c_t & q_h &= p_w - c_h \\ s_t &= \mu q_t - d_t = \mu(p_w - c_t) - d_t \\ s_h &= \gamma(p_w - c_h) - d_h \\ s_h - s_t &= \gamma(p_w - c_h) - \mu(p_w - c_t) + d_t - d_h. \end{aligned}$$

Admettons que pour un de ces deux ouvrages, il n'y a pas d'investissement:

$$\begin{aligned} d_t &= 0 \\ p_w - c_t &= 0 \\ s_h &= \gamma(p_w - c_h) - d_h \\ &= \gamma(c_t - c_h) - d_h. \end{aligned}$$

De l'égalité  $p_w = c_t = c_h + \frac{s_h}{\mu}$ , on déduit que le prix payé par l'utilisateur sur l'ouvrage est égal au prix marginal pour l'utilisateur qui utilise le moyen de transport non capitalistique.

L'égalité du primal et du dual indique qu'il y a équilibre budgétaire.

Dans ce cas, la rente de l'ouvrage est égale au produit de la différence des coûts marginaux par le trafic de l'ouvrage capitalistique, différence diminuée du montant de l'investissement.

Quand il y a un concurrent, la théorie précédente à laquelle nous nous référons dans ce rapport, sous le nom de «théorie du concurrent», montre qu'il faut faire fonctionner l'ouvrage capitalistique à saturation et faire payer à celui qui utilise cet ouvrage le coût marginal du concurrent non capitalistique.

L'expérience montre qu'il est rare qu'il n'y ait pas un concurrent ou même deux: métro-autobus-voitures particulières; routes-autoroutes.

Il y a un cas où apparemment le concurrent disparaît: c'est lorsque l'on remplace des bacs par un ouvrage fixe tel que pont ou tunnel.

Mais d'une part, il subsiste en général des bacs sur les

relations voisines, ou bien sous forme de ferrys aériens; d'autre part, au moment des pointes, lorsque le moyen capitalistique travaille à saturation, il serait légitime économiquement de rétablir les bacs (c'est ce que nous appelons le concurrent virtuel).

Au lieu de le faire, on admet de fournir à l'utilisateur une qualité de service moins élevée, et/ou de majorer les péages à la pointe, mais la théorie précédente conduit à la conclusion que l'on ne doit pas diminuer la qualité du service au-dessous d'un certain seuil, et que l'on ne doit pas fixer les péages de congestion au-dessus d'un certain seuil, ces seuils étant déterminés par la considération du concurrent virtuel.

Les conséquences de la théorie du concurrent ont un double aspect qui domine toute la philosophie de ce rapport:

- 1° il est légitime de faire payer à l'utilisateur d'un moyen de transport capitalistique le prix marginal du concurrent non capitalistique le plus favorisé;
- 2° il n'est pas légitime, en pointe, de faire payer à l'utilisateur d'un moyen de transport capitalistique un tarif supérieur au coût marginal du transport concurrent réel ou virtuel le plus favorisé.

Dans la théorie précédente, on a admis que l'ouvrage capitalistique fonctionnait à saturation; on peut voir que si on s'affranchit de cette condition et si on impose la condition d'équilibre budgétaire, les résultats obtenus précédemment sont encore valides, c'est-à-dire que la théorie du concurrent s'applique encore dans ce cas, si malgré l'absence de saturation de l'ouvrage capitalistique (cette question est étudiée sous un autre aspect dans l'annexe 4.12) le moyen concurrent reste utilisé.

On déduit des théories précédentes une autre conséquence importante, c'est qu'il n'y a jamais concurrence parfaite entre deux moyens de transport dont les coûts marginaux sont très différents; le moyen correspondant au coût marginal le plus faible bénéficie d'une rente par rapport à l'autre.

C'est ainsi que les transports routiers à courte distance bénéficient d'une rente par rapport aux transports ferroviaires à courte distance, et que les transports ferroviaires à longue distance bénéficient d'une rente par rapport aux transports routiers à longue distance.

Inversement, et on s'étendra plus longuement sur ce point dans l'annexe 4.34, si on applique à un moyen de transport capitalistique des tarifs inférieurs au tarif marginal du concurrent non capitalistique, on procure une rente aux propriétaires fonciers, rente qui peut atteindre la valeur de l'investissement. Les usagers de l'infrastructure correspondante paieront en réalité un tarif binôme, le terme proportionnel étant le tarif pratiqué, et le terme fixe étant le supplément de rente payé aux propriétaires fonciers, en raison de la plus-value abusive acquise ainsi par leurs propriétés.

Nous ne nous sommes pas penchés dans ce rapport sur les problèmes de la concurrence rail-route qui étaient en dehors des termes de notre mission.

Il semble qu'une solution peut être trouvée à ces pro-

(1) Bessière: « Application de la dualité à un modèle de programmation à long terme. » *SOFRO* n° 12.

blèmes difficiles en appliquant les principes dégagés dans la présente annexe ainsi que dans l'annexe 4.12, dans laquelle nous consacrons le paragraphe 4.12.4 à cette question.

#### Annexe 4.12 Concurrence métro-voitures, autoroutes-routes, rail-route

4.12.1 Les équations sont similaires dans les 3 cas.

Soit pour le métro avec l'indice 1 et pour les voitures avec l'indice 0.

$d_1$ $d_0$	la distance
$C_1$ et $C_0$	sont les coûts que les voyageurs prennent en compte lorsqu'ils prennent leur décision de voyage ( $C_1$ est le tarif)
$C_0$	ne comprend que les dépenses d'essence
$b^i$	le prix du temps
$t_1^i$ $t_0^i$	les charges terminales (parking et marche à pied pour les voitures; marche à pied pour le métro)
$e_1^i$ $e_0^i$	le bonus
$V_1$ $V_0$	la vitesse moyenne

Les quantités  $C$ ,  $b$ ,  $t$ ,  $e$ ,  $p$  s'appliquent aux voyageurs et non aux véhicules. Elles s'appliquent au voyageur de rang  $i$ .

$p_0$  représente le péage à appliquer au voyageur (voiture) par kilomètre,

$p_1$  le péage à appliquer au voyageur du métro par kilomètre.

Pour le voyageur marginal de rang  $i_m$ , celui dont le prix du temps est  $b^{i_m}$  tel qu'il est indifférent pour lui d'adopter l'un ou l'autre des moyens de transport, on a :

$$p_1 d_1 + \left( C_1 + \frac{b^{i_m}}{V_1} \right) d_1 + t_1^{i_m} - e_1^{i_m} =$$

$$p_0 d_0 + \left( C_0 + \frac{b^{i_m}}{V_0} \right) d_0 + t_0^{i_m} - e_0^{i_m}$$

D'autre part, le prix total  $G$  a pour expression si  $I$  est le nombre total de voyageurs

$i$  le nombre de ceux qui prennent le métro  
 $I - i$  le nombre de ceux qui prennent la voiture

$$G = \sum_0^i \left[ \left( C_1 + \frac{b^i}{V_1} \right) d_1 + t_1^i - e_1^i \right] \Delta i$$

$$+ \sum_i^I \left[ \left( C_0 + \frac{b^i}{V_0} \right) d_0 + t_0^i - e_0^i \right] \Delta i$$

$C_1^i$  et  $C_0^i$  sont les coûts sociaux marginaux pour le voyageur de rang  $i$

$C_0^i$  ne contient pas la taxe sur l'essence mais contient les dépenses autres que l'essence telles que l'entretien proportionnel au kilométrage.

$\Delta i$  est le nombre d'utilisateurs pour qui la valeur du temps est  $b^i$ , les  $i$  croissant avec les valeurs du temps croissantes.

Nous admettrons que dans les deux cas la vitesse dépend du trafic. C'est vrai pour les voitures; c'est vrai pour le métro à condition d'incorporer dans le temps de parcours du métro les attentes dues aux limitations d'admission sur les quais et au temps de sortie et d'entrée dans les voitures.

$$\Delta G = \left[ \left[ \left( C_1^{i_m} + \frac{b^{i_m}}{V_1} \right) d_1 + t_1^{i_m} - e_1^{i_m} \right] \Delta i \right.$$

$$\left. - \left[ \left( C_0^{i_m} + \frac{b^{i_m}}{V_0} \right) d_0 + t_0^{i_m} - e_0^{i_m} \right] \Delta i \right.$$

$$\left. - \Delta V_1 \sum_0^{i_m} b^i \frac{d_1}{V_1^2} \Delta i - \Delta V_0 \sum_{i_m}^I b^i \frac{d_0}{V_0^2} \Delta i \right.$$

$$\Delta V_1 = -f_1 \Delta i$$

$$\Delta V_0 = -f_0 (-\Delta i) = f_0 \Delta i$$

$-f_1 - f_0$  coefficients de la formule vitesse - débit posons

$$d_1 \beta_1 = f_1 d_1 \sum_0^{i_m} \frac{b^i}{V_1^2} \Delta i$$

$d_0 \beta_0$  les termes analogues pour les voitures

Comme  $\Delta G = 0$  à l'optimum

$$\beta_1 d_1 - \beta_0 d_0 = \left( C_0^{i_m} + \frac{b^{i_m}}{V_0} \right) d_0 + t_0^{i_m} - e_0^{i_m} - \left( C_1^{i_m} + \frac{b^{i_m}}{V_1} \right) d_1 - t_1^{i_m} + e_1^{i_m} \quad (1)$$

$$p_1 d_1 - p_0 d_0$$

$$= \left( C_0 + \frac{b^{i_m}}{V_0} \right) d_0 + t_0^{i_m} - e_0^{i_m} - \left( C_1 + \frac{b^{i_m}}{V_1} \right) d_1 - t_1^{i_m} + e_1^{i_m}$$

$$= \beta_1 d_1 - \beta_0 d_0 + (C_1^{i_m} - C_1) d_1 - (C_0^{i_m} - C_0) d_0 \quad (2)$$

$$p_0 d_0 - p_1 d_1 = \beta_0 d_0 - \beta_1 d_1 + (C_1 - C_1^{i_m}) d_1 - (C_0 - C_0^{i_m}) d_0 \quad (3)$$

La formulation précédente suppose que le nombre total d'utilisateurs  $I$  est fixe ou que l'élasticité de la demande pour l'ensemble des usagers est nulle.

Cela est, sans doute, à peu près vrai en ville à la pointe. Ce modèle laisse cependant échapper l'action qu'une taxe sur les voitures aurait sur le «pooling» des voitures, c'est-à-dire sur le nombre de personnes par voiture. Pour traiter ce problème particulier, il faudrait adopter une démarche analogue à celle de Lévy-Lambert en utilisant une courbe de demande globale.

Pour terminer le calcul, il faudrait connaître la loi de répartition des valeurs du temps des voyageurs. Néanmoins, sans pousser le calcul, on obtient déjà des résultats importants.

On voit qu'il faut que le partage de trafic se fasse de telle sorte que les taxes de congestion vérifient l'équation (1). A cette condition, on atteindra l'optimum économique. On remarquera d'après (1) que le trafic doit se partager de manière que la différence des taxes de congestion soit égale à la différence des coûts moyens pour le voyageur marginal. C'est un résultat très général que nous avons déjà rencontré à l'annexe 3.23.

Supposons  $d_0 = d_i = d$

$$p_0 - p_1 = \frac{e_0 - e_1}{d} + \frac{t_1 - t_0}{d} + C_1^{im} - C_0^{im} + b^{im} \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_0} \right) \quad (1')$$

$$p_0 - p_1 = \beta_0 - \beta_1 + C_1 - C_1^{im} - (C_0 - C_0^{im}) \quad (3')$$

L'expression (1') indique que l'excès du péage auto sur le péage métro est égal à l'excès du bonus auto sur le bonus métro<sup>(1)</sup>, plus l'excès des charges terminales métro sur les charges terminales auto<sup>(1)</sup>, plus l'excès du prix du billet de métro sur le coût «out of pocket» auto et l'excès du temps métro sur le temps voiture, toutes ces quantités étant décomptées pour le voyageur marginal.

La deuxième expression indique que l'excès du péage kilométrique auto sur le péage kilométrique métro est égal à la différence des taxes de congestion respectives moins l'excès du coût marginal du métro sur le tarif métro plus l'excès du coût marginal auto (taxe sur l'essence non comprise) sur le coût «out of pocket» (essence taxes comprises) ou, autrement dit, le coût d'entretien essence non comprise moins la taxe sur l'essence.

Actuellement à Paris  $C_1 = 5,90$  centimes/km (en moyenne)

$C_1^{im} = 7,16$  centimes qui est le coût moyen pour une consommation de 10 l/100 km

$C_0 = 10$  centimes dont 7 centimes de taxe

$C_0^{im} = 20$  centimes - 7 centimes de taxe = 13 centimes.

Les chiffres précédents donneraient un solde positif de 1,74 centimes, à ajouter dans le deuxième membre de la relation à  $\beta_0 - \beta_1$ .

En réalité, le solde doit être négatif puisque le coût marginal du métro est certainement supérieur à la pointe au coût moyen de 7,16 centimes.

Comme  $\beta_1$  n'est pas nul, on voit que dans les conditions actuelles, le péage auto devrait être inférieur à la taxe de congestion auto. Par contre, le péage auto devra augmenter si on diminue la taxe sur l'essence; il devra augmenter si on augmente le tarif métro ou si on crée un péage métro. Il devra diminuer si on augmente le taux des assurances en ville ou si on augmente les taxes de parking.

On voit qu'un rôle important du péage est de redresser la distorsion créée par le comportement marginaliste de

l'automobiliste qui ne tient pas compte dans ses décisions de toutes ses dépenses.

On voit aussi qu'avec un métro saturé et des rues quasi saturées, la taxation ne peut pas grand-chose pour améliorer la situation. La leçon à tirer de ce qui précède est qu'il y a lieu de créer des capacités nouvelles aussi bien en ce qui concerne le métro qu'en ce qui concerne la voirie urbaine. Cependant l'examen de la concurrence autobus-métro et de la concurrence autobus-auto va nous amener à des conclusions d'un autre ordre.

La même théorie appliquée à la concurrence autobus-voitures et autobus-métro montre que dans une ville où la circulation métro et la circulation voiture sont congestionnées, il ne serait possible à la pointe (autrement que par le pooling des voitures) d'obtenir quelques allègements qu'en détournant quelques voyageurs du métro et des voitures vers les autobus.

Mais pour cela il faudrait que le tarif autobus soit inférieur à celui du métro. C'est le contraire qui se passe à Paris et partout où l'on admet que les tarifs doivent couvrir les frais d'exploitation ou une certaine fraction de ceux-ci. A Paris la situation s'aggrave du fait du déficit et du caractère forfaitaire des tarifs du métro qui, joints à la vitesse, avantagent par trop les trajets longs en métro.

On est moins éloigné de la vérité économique lorsqu'on adopte un tarif kilométrique, le même pour autobus et métro comme à Londres où il est de 14,56 à 13 centimes par kilomètre ou à Baltimore (États-Unis) où l'on prévoit un tarif de 13 à 9,37 centimes par kilomètre.

A Paris, le prix de revient moyen du voyageur/kilomètre autobus est 19,4 centimes alors que la recette par voyageur/kilomètre est de 11,4, les chiffres correspondants pour le métro étant de 7,16 et 5,90 centimes.

*Nota:* Pour résoudre complètement le problème, il faudrait connaître non seulement la fonction de répartition de  $b$ , mais celle de  $t_1$ ,  $t_0$ ,  $C_1$  et  $C_0$ .

#### 4.12.2

La théorie du concurrent est déjà esquissée, nous l'avons dit, dans l'ouvrage de Beckmann<sup>(2)</sup>. Elle se trouve implicitement contenue dans les études de Lévy-Lambert<sup>(3)</sup>.

#### 4.12.21

Reportons-nous à l'annexe 3.23: des remarques importantes sont à formuler:

1. D'après la formule (1) de l'annexe 3.23, à l'optimum, la différence des taxes  $BB'$  est égale à la différence des coûts moyens

$$b \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_0} \right).$$

Plus précisément, la différence des péages (et des taxes de congestion) est égale au bénéfice de l'utilisateur, ou, mieux, à la valeur du temps gagné.

<sup>(2)</sup> Voir annexe 3.22.1.

<sup>(3)</sup> Voir annexe 3.23.

<sup>(1)</sup> Ramené au kilomètre.

Ce résultat concorde avec celui que, par des voies absolument différentes, nous obtenons à l'annexe 4.11 (voir également 4.12.1).

Dans le contexte des hypothèses faites (comme tous les théoriciens de la congestion à l'exception de Beckmann<sup>(1)</sup>, Lévy-Lambert considère une valeur uniforme du temps), la taxe de congestion de l'autoroute étant plus forte que la taxe de congestion sur la route concurrente, le degré de congestion de l'autoroute devrait être supérieur à celui de la route ordinaire, ce qui est absurde.

En réalité, il n'en est rien; l'indifférence entre l'autoroute et la route n'existe que pour un seul usager qu'on peut appeler l'usager marginal

L'égalité (1)  $C + B = C' + B'$  n'a lieu que pour ce seul usager.

Le prix du temps de l'usager marginal est fonction de la valeur choisie pour le péage; on détermine la valeur limite  $b^{im}$  de manière que la valeur du temps perdu soit minimum. Le calcul vient d'être développé à l'annexe 4.12.1 mais nous allons le reprendre au paragraphe suivant dans un cas particulier en nous inspirant de Beckmann.

#### 4.12.3

La présentation que nous allons en donner est assez frappante car elle fait ressortir clairement comment un certain nombre de paradoxes de la théorie du « Road Pricing » sont levés par la considération des valeurs variables du temps. Les notations sont les mêmes qu'à l'annexe 4.12.1 dont le présent paragraphe n'est qu'une application particulière.

Nous comparons cette fois deux routes qui ont des caractéristiques absolument identiques, la seule différence étant qu'on applique sur la route 0 un péage  $p$  et sur la route 1 un péage nul.

Comme en 4.12.1, nous classons les usagers par valeurs du temps croissantes et  $i$  est le nombre des usagers pour lesquels la valeur du temps est inférieure à  $b(i)$ .

Sur la figure 4.12.3 a, le trafic  $i_1$  de la voie sans péage 1 est porté en abscisse;  $O_1$  représente le trafic total  $I$  qui se partage entre les deux itinéraires.

Le trafic  $i_0$  sur la voie à péage  $p$  est représenté en sens inverse du précédent. On a en valeur absolue  $i_1 + i_0 = I$ .

Le coût total du temps des usagers d'indice compris entre  $o$  et  $i$  sur la route 1 est

$$\sum_0^i \frac{b(i)}{V_1} \Delta i$$

Le coût total du temps des usagers d'indice compris entre  $i$  et  $I$  sur la route 0 est

$$\sum_i^I \frac{b(i)}{V_0} \Delta i$$

La minimisation de la somme de ces deux coûts conduit

<sup>(1)</sup> Voir annexe 3.22.1.

à l'égalisation en valeur absolue des coûts correspondant à un voyageur supplémentaire.

Le coût marginal correspondant pour le voyageur  $i_m$  sur la route 1 est

$$\frac{b_{im}}{V_1} + \sum_0^{im} b(i) \Delta i \frac{f}{V_1^2} = \frac{b_{im}}{V_1} + \beta_1$$

$f$ , coefficient de la formule  $V = A - fq$  qui est le même pour les deux routes.

Pour la route 0 le coût marginal du voyageur  $i_m$  est

$$\frac{b_{im}}{V_0} + \sum_{im}^I b(i) \frac{f}{V_0^2} \Delta i = \frac{b_{im}}{V_0} + \beta_0$$

$\beta_0$  et  $\beta_1$  sont ce qu'on a appelé les taxes de congestion de la route 0 et de la route 1.

L'égalité des coûts marginaux à l'optimum donne

$$\frac{b_{im}}{V_0} + \beta_0 = \frac{b_{im}}{V_1} + \beta_1$$

Pour qu'il y ait indifférence pour le voyageur marginal entre les deux routes, il faut en outre que,  $p$  étant le péage,

$$\frac{b_{im}}{V_0} + p = \frac{b_{im}}{V_1}$$

d'où

$$p = \frac{b_{im}}{V_1} - \frac{b_{im}}{V_0} = \beta_0 - \beta_1$$

$$\frac{b_{im}}{V_1} > \frac{b_{im}}{V_0}, \text{ mais également } \beta_0 > \beta_1.$$

Ce dernier résultat est plus étonnant. La taxe de « congestion » sur la route non congestionnée est plus forte que sur la route congestionnée. Cela tient à ce que la taxe de congestion fait intervenir la valeur du temps des voyageurs utilisant la voie et que la valeur du temps des voyageurs utilisant la voie 0 est supérieure à celle des utilisateurs de la voie 1 et que l'écart est suffisant pour compenser l'effet inverse du carré de la vitesse se trouvant au dénominateur.

La courbe représentant  $\frac{b_i}{V_1}$  (point  $M_1$ ) est croissante car  $b_i$  croît et  $V_1$  décroît quand  $i$  augmente; pour celle

représentant  $\frac{b_i}{V_0}$  (point  $M_0$ ) on ne peut rien dire, car,

quand  $i$  décroît,  $b_i$  décroît mais  $V_0$  décroît aussi. Sur la figure 4.12.3 a nous avons supposé que  $\frac{b_i}{V_0}$  décroît en

même temps que  $i$ . Ce qui est certain c'est que sur l'ordonnée correspondant au voyageur marginal,  $M_1$

est plus haut que  $M_0$ , car  $i_m M_1 = \frac{b_{im}}{V_1} > \frac{b_{im}}{V_0}$ .

Les deux courbes de coûts marginaux se coupent au point d'abscisse  $i_m$  et d'ordonnée  $M_{max}$ .

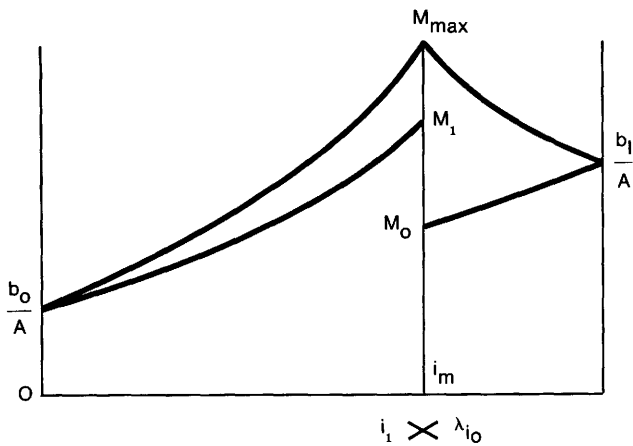


Figure 4.12.3b

On a donc les résultats suivants qui sont ceux que laissait prévoir la théorie du concurrent.

Le péage est égal à la différence des coûts du voyageur marginal sur les deux voies; il est aussi égal à la différence des taxes dites de congestion mais, fait d'apparence paradoxale, la taxe dite de congestion de la route congestionnée est la plus faible (ce qui rendrait préférable une modification de la terminologie). Le péage est égal à l'avantage du voyageur marginal.

Si l'on avait appliqué la théorie de la congestion sans différencier les valeurs du temps il y aurait eu symétrie parfaite et on aurait appliqué sur les deux routes un même péage égal à la taxe de gestion figure 4.12.3b.

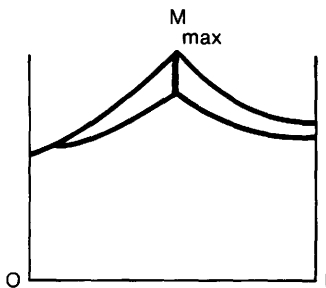


Figure 4.13

On pourrait également arriver au même cas de symétrie parfaite si on décidait dans le cas de valeurs du temps variables d'appliquer le même péage sur les deux routes; alors les voyageurs se répartiraient au hasard sur les deux routes mais le rendement social serait inférieur à celui qui est obtenu dans le cas envisagé en premier.

Dans le cas où les deux routes n'auraient pas de caractéristiques égales, la route 1 serait évidemment la plus médiocre; ceci reviendrait à relever le point d'ordonnée  $\frac{b_0}{A}$  et à adopter des valeurs de  $f$  différentes.

Mais le résultat principal resterait valable: péage égal à la différence des coûts directs pour le voyageur marginal et dans ce cas taxe de congestion plus forte, mais

congestion elle-même plus faible sur la route de qualité supérieure.

Avec une valeur du temps fixe des usagers on arriverait au résultat paradoxal que la route de qualité supérieure serait la plus congestionnée.

Le cas étudié est évidemment un cas particulier mais il est une excellente illustration de la théorie du concurrent et de la légitimité de péages supérieurs sur une voie de qualité supérieure.

#### 4.12.4 APERÇU SUR LA CONCURRENCE RAIL-ROUTE

Bien que le problème de la concurrence rail-route ne soit pas compris dans les termes de notre mandat, nous venons d'être obligé de l'aborder à l'occasion des problèmes de concurrence métro-voiture ou, ce qui revient au même, chemin de fer de banlieue-voiture.

Il semble donc que, pour le problème de la concurrence rail-route pour le transport des marchandises, l'approche constituée par les développements de l'annexe 4.12.1 puisse rendre des services.

Le problème a d'ailleurs été abordé explicitement à l'annexe 4.11.

La thèse que nous développons dans cette annexe est qu'il ne peut exister de concurrence parfaite entre deux systèmes pour lesquels les coûts marginaux ne sont pas égaux et qu'en conséquence il faut admettre que le moyen qui bénéficie des coûts marginaux les plus faibles reçoit une rente.

Nous aurons en outre l'occasion d'obtenir incidemment certains résultats, au cours du rapport, qui ont trait aux problèmes de chemin de fer:

- 1° Justification d'une ristourne sur le montant de la licence au prorata des kilomètres parcourus pour les poids lourds chargés sur chemin de fer (chapitre 8.3).
- 2° Justification d'un versement au titre de prélèvement sur l'impôt foncier pour contribuer au financement des investissements des voies ferrées d'intérêt local et des voies de banlieue (chapitre 7.6). (Pour ces dernières, également justification d'un prélèvement sur l'impôt sur l'emploi).

#### Annexe 4.13 Concurrence pointe — hors pointe

Considérons le cas du voyageur marginal pour qui il est indifférent de voyager hors pointe ou en pointe d'abord avec un péage nul, puis avec un péage  $p_1$ .

A la pointe, le voyageur subit les inconvénients d'une perte de temps et d'un confort plus faible se traduisant par un bonus  $e_0 d$  hors pointe ( $e_0$ , bonus kilométrique;  $d$ , distance).

Pour compenser ces inconvénients, il faut bien que le voyageur attribue au voyage fait à la pointe une valeur  $E_1$ ; pour plus de symétrie, considérons les valeurs correspondantes  $E_0$  et  $e_1$  que nous annulerons ensuite. Le calcul est tout à fait semblable à celui fait en 4.12. Pour le voyageur indifférent on a:

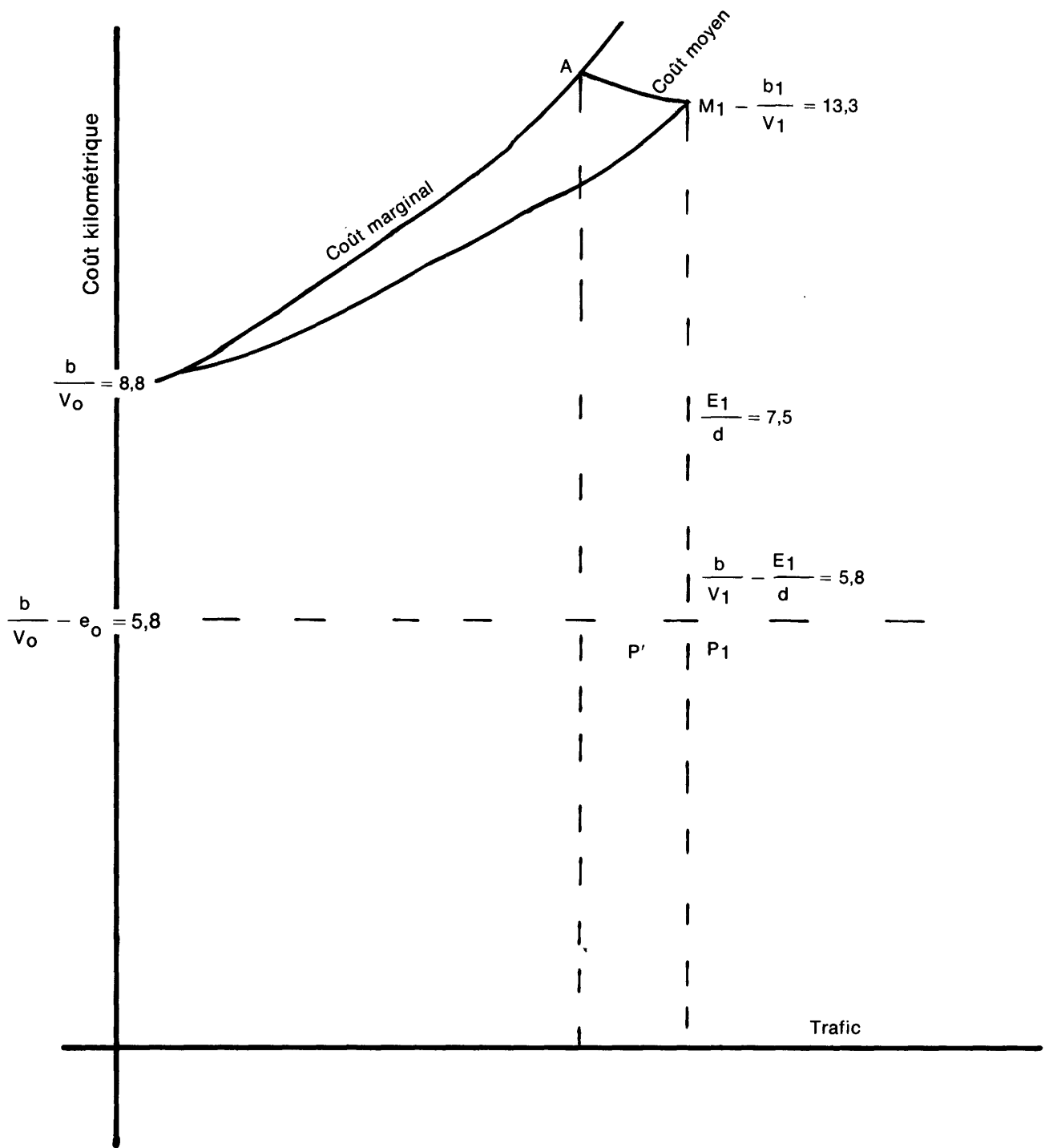


Figure 4.12.3a

$$p_1 d + \frac{b}{V_1} d - E_1 - e_1 d = p_0 d + \frac{b}{V_0} d - E_0 - e_0 d$$

ou

$$d(p_1 - p_0) = d \left( \frac{b}{V_0} - \frac{b}{V_1} \right) + E_1 - E_0 + d(e_1 - e_0)$$

ou, en faisant

$$p_0 = E_0 - e_1 = 0.$$

$$p_1 = \frac{b}{V_0} - \frac{b}{V_1} + \frac{E_1}{d} - e_0$$

Nous admettrons, pour simplifier, que la valeur du temps et la valeur de  $e_1$  est la même pour tous les voyageurs, qui ne diffèrent donc que par la valeur qu'ils attribuent à  $E_1$ , et nous supposons connue la fonction de répartition de  $E_1$ .

Si  $V_1 = 60$  km/h  $V_0 = 90$   $b = 8$  F

$$\frac{b}{V_1} - \frac{b}{V_0} = 13,3 - 8,8 = 4,5 \text{ centimes/km.}$$

Attribuons à  $e_0$  la valeur de 3 centimes/km qu'admet le ministère des travaux publics en France. Nous avons admis que le bonus correspondant à la pointe est nul.

Ce n'est certainement pas exact; notre calcul reste correct néanmoins si on admet que  $e_0 - e_1 = 3$  centimes/km.

S'il n'y a pas de péage

de  $p_1 = 0$  on déduit  $\frac{E_1}{d} = 7,5$  centimes/km.

Si on cherche maintenant comme à l'annexe 4.12 à réaliser un optimum économique en minimisant le coût du temps diminué des bonus et en particulier de  $E_1$ , on obtient, en introduisant des taxes de congestion et comme précédemment,

$$p_1 = \beta_1 - \beta_0 = \frac{E_1}{d} - e_0 - b \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_0} \right)$$

L'application du péage à la pointe réduit le débit, augmente la vitesse, et augmente  $E_1$  puisqu'on a éliminé quelques voyageurs marginaux pour qui  $E_1$  a une valeur croissante.

En supposant  $\beta_0 = 0$  on a

$$\beta_1 + \frac{b}{V_1} - \frac{E_1}{d} = \frac{b}{V_0} - e_0 = 8,8 - 3 = 5,8$$

$\frac{E_1}{d}$  est donc le segment  $P_1 M_1$

La courbe  $M_1 A$  rapportée à l'axe des  $x$  est une courbe de demande (temps perdu + péage en fonction du débit). Rapportée à la droite d'ordonnée

$$\frac{b}{V_0} - e_0 = \frac{b}{V_1} - \frac{E_1}{d} = 5,8 \text{ centimes/km,}$$

c'est la courbe représentant le bonus

$\frac{E_1}{d}$  en fonction du débit.

L'optimum est donc obtenu en appliquant une taxe de congestion ayant la même valeur que dans le cas général si on l'exprime en fonction de la vitesse finale. On obtient le point correspondant à l'optimum en prenant l'intersection de la courbe d'offre avec la courbe de demande définie précédemment.

Il est facile de voir que les hypothèses simplificatrices telles que  $p_0 = E_0 = e_1 = \beta_0 = 0$  peuvent être levées facilement.

Si  $\beta_0$  n'est pas annulé, il faut pour achever la solution tracer la loi de demande hors pointe.

On aura remarqué dans ce qui précède que la considération du bonus permet de préciser et d'interpréter le tracé des courbes d'offre et de demande mais n'apportera pas en fait de changement essentiel dans le calcul de la taxe de congestion.

#### Annexe 4.14 «Road Pricing» et choix des investissements

Nous allons d'abord étudier le problème des caractéristiques (largeur) optimums d'une route, en admettant:

- 1° - que la demande est inélastique;
- 2° - qu'il n'y a pas de taxe de congestion.

Nous verrons ensuite ce qui se passe quand on lève ces deux restrictions.

Nous utiliserons la formule de Wardrop généralisée par Tanner pour tenir compte de la largeur de la route  $w$  ( $w$  exprimé en mètres)

$$V = V_0 - \frac{f'q}{w} \quad (1)$$

$V$  vitesse (km/h);  $q$  trafic véhicules/heure;

$V_0 f'$  constantes

Le coût de l'usager par véhicule-kilomètre est:

$$C = a + \frac{b}{V} \quad (2)$$

$a$  et  $b$ , constantes.

Nous minimiserons la fonction économique, somme de l'investissement  $i(w)$  et du coût des usagers

$$i(w) + \sum_{n=0}^{n=H} \sum_{h=1}^{h=8760} \frac{C_{hn} q_{hn} \Delta h}{(1+j)^n}$$

$j$  taux d'actualisation.

Nous supprimerons dans la suite les coefficients

$$\frac{1}{(1+j)^n}$$

pour alléger l'écriture.

$H$  est un horizon économique ou une durée de vie de l'ouvrage.

$q_{hn}$  est le trafic à l'heure  $h$  de l'année  $n$ ;

$C_{hn}$ , son coût; le facteur  $\Delta h = 1$  heure est indiqué pour des raisons d'homogénéité des formules.

La minimisation du coût total donne:

$$i'(w) = - \sum_{n=0}^{n=H} \sum_{h=1}^{h=8760} \frac{d C_{hn}}{dw} q_{hn} \Delta h$$

puisque la demande est supposée inélastique

$$\frac{dc}{dw} = \frac{dc}{dv} \times \frac{dv}{dw} = - \frac{b}{V^2} f' \frac{q}{w^2} = - b f' \frac{q}{V^2 w^2}$$

$$\frac{q^2}{V^2} = \delta^2; \delta: \text{densité en véhicules-kilomètres}$$

$\frac{\delta}{w}$  est la densité en véhicules par kilomètre de longueur

et mètre de largeur.

$$D'où: i'(w) = - \sum_{n=0}^{n=H} \sum_{h=1}^{h=8760} b f' \frac{\delta^2}{w^2} \Delta h \quad (3)$$

Ces résultats se retrouvent lorsque la demande n'est pas inélastique et avec une généralité plus grande si on cherche à traiter en même temps le problème de l'investissement et de la tarification. On cherche à minimiser

$$i(w) + \sum C_h q_h - \sum \lambda_h q_h$$

$\lambda_h$  étant des paramètres de Lagrange, on admet seulement que  $C_h$  est de la forme

$$C \left( \frac{q_h}{w} \right)$$

On a:

$$0 = i'(w)dw + \sum C'_h q_h \left( \frac{-q_h}{w^2} \right) dw + \sum C'_h \frac{q_h}{w} dq_h - \sum \lambda_h dq_h + \sum C_h dq_h$$

on trouve d'une part:

$$i'(w) = \sum C'_h \frac{q_h^2}{w^2} \quad (4)$$

d'autre part:

$$\beta_h = \lambda_h - C_h = C'_h \frac{q_h}{w}$$

L'expression (4) est donc tout à fait générale à condition de prendre pour les débits, vitesses, densités les valeurs après application de la taxe de congestion optimum.

Calculons les recettes de la taxation optimum pour les comparer avec l'investissement.

La recette avec la taxation optimum pour le débit est

$$R = \beta q = f b \frac{q^2}{V^2} = \frac{f' b}{w} \frac{q^2}{V^2} = \frac{f'}{w} b \delta^2$$

En sommant on trouve

$$R = \frac{b f'}{w} \sum \delta^2 \Delta h$$

en négligeant les facteurs d'actualisation.

En rapprochant l'expression de  $i'(w)$  trouvée précédemment, on trouve:

$$R = w i'(w)$$

si on désigne par  $e$  l'expression  $e = w \frac{i'(w)}{i(w)}$

$e$  étant l'élasticité du prix de la route par rapport à sa largeur on a:

$$R = e i(w)$$

si  $e = 1$  c'est-à-dire si le coût de la route est proportionnel à sa largeur, il y a équilibre budgétaire entre l'investissement et le produit de la taxe optimum de congestion.

Il s'agit d'un résultat économique très général (voir aussi annexe 3.3).

Nous rappelons les réserves faites ailleurs sur les insuffisances de la théorie du «Road Pricing» (incertitude des relations vitesse-débit, difficultés liées à leur dérivation, utilisation d'un modèle non probabiliste, etc.).

Il était cependant intéressant d'établir que le «Road Pricing» n'est pas seulement une méthode de tarification, mais qu'il peut aussi conduire à des critères d'investissement.

On peut cependant déduire de la formule (3) page 61 en rétablissant le facteur d'actualisation

$$\sum \frac{\delta^2 h n}{w^2} \frac{\Delta h}{(1+j)^n} = \frac{i'(w)}{b f'}$$

Du fait que  $w^2$  varie dans le même sens que  $b$ , on peut déduire que des routes plus larges et plus coûteuses seront justifiées économiquement dans l'avenir, du fait de l'augmentation du niveau de vie qui entraîne l'augmentation de  $b$  (prix du temps) et que des travaux coûteux qui ne sont actuellement pas justifiés, peuvent le devenir dans dix ou vingt ans, même s'il n'y a pas augmentation de la demande de la circulation.

Application numérique

$$f' = 0,02 \text{ pour } 3,50 \text{ m de large} = \frac{0,07 \text{ km/mètre}}{\text{véhicule}}$$

$$b = 8 \text{ francs par véhicule-heure}$$

$$i(w) = 10,5 \text{ millions F pour } 21 \text{ mètres de large}$$

$$i'(w) = 0,5 \text{ millions F/km, m}$$

On prendra trois valeurs différentes du coefficient d'actualisation:

$$a = \frac{10}{100} \quad a = \frac{7}{100} \quad a = \frac{5}{100}$$



Le carré de la moyenne quadratique actualisée des densités de circulation a pour expression :

$$\delta_{hn}^2 = \frac{w^2 i'(w) \cdot a}{b f' T}$$

$T$ , nombre d'heures dans l'année,  $a$ , facteur d'actualisation.

On suppose  $\delta_{hn}$  constant quand  $n$  varie, sinon le coefficient d'actualisation ne peut pas être fixé a priori.

Tableau des densités moyennes quadratiques

Taux d'actualisation (a)	10	7	5
	100	100	100
Prix du kilomètre			
10,5 MF/km	11,2	9,35	8
5,25 MF/km	7,92	6,6	5,6

Il est à noter que la densité quadratique moyenne de l'autoroute Sud de Paris, tronçon commun, en 1964 était de 7,6.

L'existence des coefficients d'actualisation réduit l'influence des densités supérieures à la moyenne qui s'établissent après plusieurs années d'exploitation.

Mais l'existence en dénominateur de  $b$  (prix du temps) qui augmente au cours des années agit en sens inverse.

Le tableau qui précède montre que pour une autoroute d'un prix de revient de 5,25 MF/km la densité optimum est inférieure à celle qui existait en 1964 sur l'autoroute Sud tronçon commun.

La théorie précédente n'est correcte que pour des infrastructures peu congestionnées car on sait que les lois vitesses-débits utilisées ne sont valables que si on se maintient hors des zones d'instabilité où la capacité est dépassée. C'est la raison pour laquelle les conséquences qu'on pourrait tirer de la théorie précédente, doivent être rejetées dans les cas où elles conduiraient à des largeurs trop faibles et à des phénomènes de congestion trop fréquents.

Dans les cas où la densité critique est trop souvent dépassée, il ne serait pas légitime de négliger, comme nous l'avons fait ci-dessus, les pertes de temps supplémentaires qui interviennent lorsque la densité critique est dépassée et dont ne tiennent pas compte les formules du «Road Pricing». La prise en compte de cet élément conduirait évidemment à trouver une largeur optimum plus grande et plus proche de celle que donne le critère empirique de la trentième heure.

#### Annexe 4.15 Capacité optimum de plusieurs ouvrages

Pour réaliser une capacité  $W$  y a-t-il intérêt à réaliser un ou plusieurs ouvrages ?

Soit  $w$  la capacité d'un ouvrage,  $f(w)$  le coût en fonction de la capacité.

Le prix total à minimiser est  $p f(w)$  avec la condition  $p w = W$ ,  $p$  étant le nombre d'ouvrages identiques.

On a donc à minimiser  $\frac{f(w)}{w}$ , soit le prix moyen.

Les résultats sont bien connus et peuvent être présentés de la manière suivante :

Il faut rechercher le minimum de  $p f(w) - \lambda p w$ ,  $\lambda$  étant un paramètre de Lagrange ce qui donne les 2 conditions :

$$\begin{aligned} f'(w) - \lambda &= 0 \\ f'(w) - \lambda w &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{soit } \lambda = f' w = \frac{f(w)}{w}$$

A l'optimum le prix marginal est égal au prix moyen, résultat bien connu.

Pour qu'il y ait une solution, il faut que la courbe  $y = f(w)$  ait l'allure suivante, c'est-à-dire qu'on puisse mener une tangente à la courbe passant par l'origine.

$W_c$  est la capacité optimum

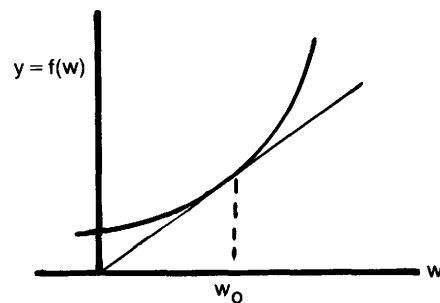


Figure 4.15

#### Annexe 4.16 «Road Pricing» et équilibre budgétaire

Nous avons vu à l'annexe 4.14 qu'il y a équilibre budgétaire théorique par application aussi bien des taxes de congestion du «Road Pricing» que de celles résultant de l'application de la loi de l'offre et de la demande, à condition que le coût de l'infrastructure soit proportionnel à sa largeur et que la largeur des voies corresponde à un optimum économique.

A première vue, sauf peut-être dans des sites montagneux, il semble qu'en rase campagne il y ait un phénomène de coût moyen décroissant conduisant au déséquilibre budgétaire et en ville un phénomène de coût moyen croissant entraînant un excédent budgétaire.

Cependant, en cas de trafic croissant régulièrement, l'optimum économique est obtenu par la construction d'une série d'ouvrages parallèles au fur et à mesure du développement du trafic.

Cela résulte du développement de l'annexe 4.53. Allais retrouve le même résultat<sup>(1)</sup>.

D'autre part, pour les autoroutes en rase campagne, il est souhaitable que l'on n'ait pas plus de quatre voies dans chaque sens, autrement les mouvements d'entrelacement (weaving) vers les sorties sont trop difficiles.

Pour les autoroutes urbaines, si on les construit sous

<sup>(1)</sup> Allais, Maurice: *Programme d'investissement . . .*, op. cit.

forme de viaduc ou de tunnel, il y a intérêt à utiliser des ouvrages parallèles et de capacité limitée aussi bien pour les raisons d'échelonnement indiquées ci-dessus que parce que, dans le cas assez général où le coût moyen passe par un minimum, pour une certaine capacité  $C_0$ , il y a intérêt à ne pas construire un ouvrage unique mais une série d'ouvrages ayant la capacité  $C_0$ .

La démonstration en est donnée dans l'annexe 4.15. Ce cas se rencontre notamment pour les souterrains (deux souterrains à une voie pour métro sont en général plus économiques qu'un souterrain à deux voies). Un viaduc construit dans l'axe d'une voie urbaine conduit à des dépenses moyennes croissantes à partir d'une certaine largeur d'emprise, d'abord du fait du coût résultant de la gêne causée aux immeubles voisins, puis du coût de la destruction de ces immeubles.

Dans ces différents cas, la courbe de coût en fonction de la capacité a la forme de la figure 4.16. On peut considérer que les coûts des ouvrages optimaux sont représentés par la droite  $0 M_1 M_2$ , tangente passant par l'origine à la courbe représentant les variations du coût de l'ouvrage en fonction de la largeur et nous considérons comme légitime d'admettre dans ce cas que le coût de la série d'ouvrages est proportionnel à la largeur, donc à la capacité.

Il résulte de ce qui précède qu'il y a une catégorie de cas étendue où le coût est proportionnel à la capacité et où, par conséquent, d'après l'annexe 4.14, des taxes de congestion peuvent entraîner un équilibre budgétaire strict si les voies sont dimensionnées d'une manière optimale.

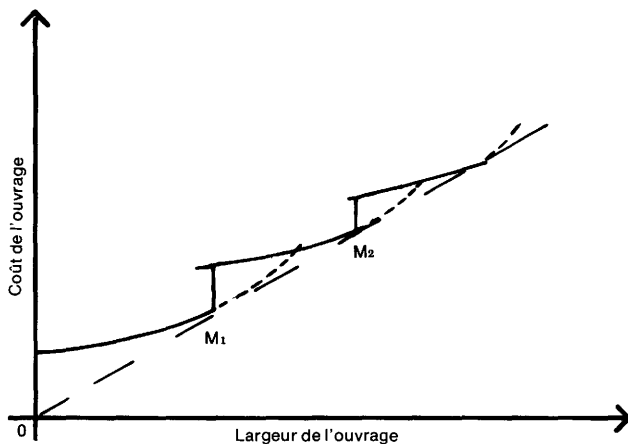


Figure 4.16

#### Annexe 4.17 La détermination du péage optimum unique

Quand il y a deux courbes de demande, une pour la pointe et une hors pointe, cette détermination peut se faire d'une manière approchée comme suit (la méthode peut être transformée en méthode d'itération):

I est la courbe du coût moyen;

II est la courbe du coût marginal total.

La différence des ordonnées de II et I est appelée  $\beta$  en pointe;

$\beta'$  hors pointe.

III est une courbe parallèle à I.

La différence des ordonnées III et I est appelée  $T$ : c'est le péage unique.

IV et IV' sont les courbes de demande en pointe et hors pointe.

La surface des triangles ombrés multipliée par le nombre d'heures correspondant  $h$  ou  $h'$  représente la perte sèche et il y a lieu de la minimiser<sup>(1)</sup>.

La variation de la surface des triangles est approximativement pour une variation  $dT$  de  $T$  entraînant une variation  $dN$  de  $N$  et  $dn$  de  $n - (\beta - T) dNh + (T - \beta') dn h'$ .

A l'optimum cette variation est nulle; d'où

$$\frac{T - \beta'}{\beta - T} = \frac{dN}{dn} \times \frac{h}{h'}$$

Soient  $e$  et  $\varepsilon$  les pentes des courbes de demande et des courbes de coût marginal

$$dT = (e + \varepsilon) dN = (e' + \varepsilon') dn$$

$$\frac{T - \beta'}{\beta - T} = \frac{h(e' + \varepsilon')}{h'(e + \varepsilon)}$$

$$\frac{T - \beta'}{h(e' + \varepsilon')} = \frac{\beta - T}{h'(e + \varepsilon)} = \frac{\beta - \beta'}{h(e' + \varepsilon') + h'(e + \varepsilon)}$$

$$T = \beta' + (\beta - \beta') \frac{1}{1 + \frac{h'(e + \varepsilon)}{h(e' + \varepsilon')}}}$$

Cette méthode est approchée car il faut utiliser les valeurs de  $\beta\beta' e'e' \varepsilon\varepsilon'$  au point d'intersection de III et de IV (et IV') que l'on ne connaît pas, on peut partir des valeurs lues sur l'ordonnée passant par l'intersection de II et de IV (et de II et IV'), déterminer une valeur de  $T$ , donc une courbe III et prendre les valeurs lues à l'intersection de II et de IV.

La perte sèche a pour expression approchée

$$P_S = \frac{1}{2} (\beta - T) \Delta N$$

$\varepsilon_1$  pente de la courbe de coût marginal

$$\beta - T = \Delta N (e + \varepsilon_1)$$

$e$  valeur absolue de la pente de la courbe de demande

$$P_S = \frac{1}{2} (\beta - T)^2 \cdot \frac{1}{e + \varepsilon_1}$$

<sup>(1)</sup> Cette représentation de la perte sèche par la surface des triangles mixtilignes ombrés de la figure 4.17 se retrouve chez Mohring et Lévy-Lambert.

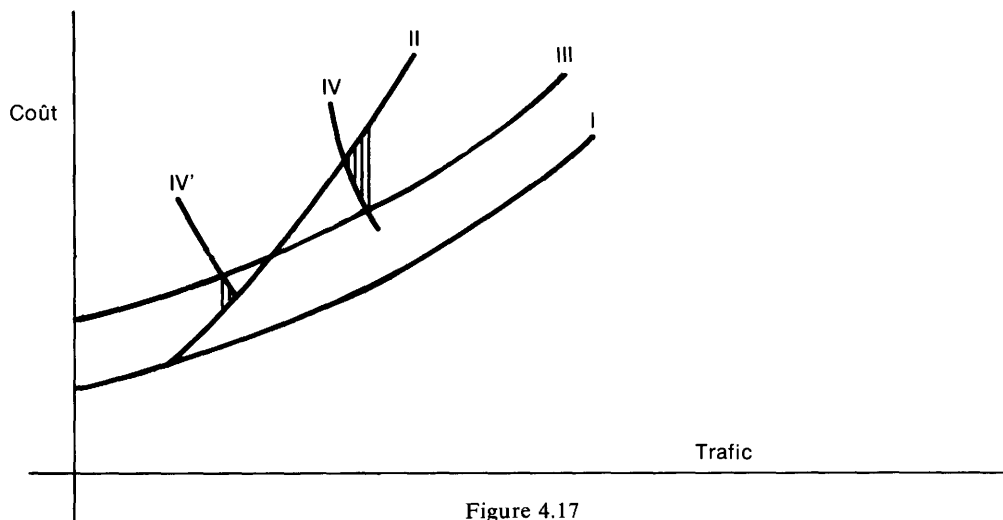


Figure 4.17

Une élasticité 0 de la demande correspond à une valeur infinie de  $e$  ce qui, d'après la formule précédente, donne une valeur 0 de la perte sèche. On retrouve ainsi le résultat très important, que la perte sèche est faible lorsque l'élasticité de la demande est faible.

Lorsqu'on isole le phénomène de stimulation du phénomène de détournement, on trouve que l'élasticité correspondant au phénomène de stimulation est faible. Il en résulte que l'application de péages de congestion notablement inférieurs à la valeur résultant de la théorie du «Road Pricing» donne lieu à des pertes faibles et que, par conséquent le taux absolu des péages de congestion n'a pas une signification économique très importante. Ceci légitime les hypothèses admises dans nos recherches sur la concurrence, notamment aux annexes 4.12 et 4.13.

#### Annexe 4.18 Autorationnement

Les partisans d'une taxe de congestion, Lévy-Lambert notamment, estiment qu'à défaut d'une telle taxe, il n'y a pas de mécanisme régulateur pour éviter la congestion, les coûts moyens supportés par l'utilisateur n'étant pas suffisants pour assurer ce mécanisme d'autorégulation.

Nous pensons qu'ils arrivent à cette conclusion parce que les modèles qu'ils ont utilisés ne rendent pas compte complètement de la réalité.

Essayons d'esquisser ce que pourrait être un modèle probabiliste qui serait évidemment à perfectionner.

Quand un conducteur prend la décision de faire un déplacement, il ignore quel sera le trafic des voies considérées; il fait donc une hypothèse sur ce trafic d'où il déduit son coût probable. On peut d'abord penser que le conducteur se déterminera en fonction de l'évaluation qu'il fait de son coût moyen mais, au fur et à mesure que l'automobiliste aura plus d'expérience et de maturité, il tiendra compte de certains embouteillages exceptionnels qui, dans le passé, lui ont fait perdre un temps considérable. Il arrivera à renoncer à ce voyage s'il estime que la probabilité qu'un certain délai soit dépassé est trop grande ou, ce qui revient au

même, il évaluera le coût du trajet en ajoutant au coût moyen un terme proportionnel à l'écart-type. Autrement dit, il attribuera une valeur non seulement à son temps mais à la variance ou plutôt à l'écart type de son temps de parcours (3.1).

Si pour simplifier nous envisageons une distribution rectangulaire des temps de parcours de largeur  $b$ , l'écart-type est égal à  $b/2\sqrt{3}$  ou  $b/3,4$ ; le temps pris en compte serait donc de la forme  $t_0 + K.b/3,4$  ou  $t_0 + k.b$ .

On peut arriver à un résultat du même genre d'une autre manière:

Supposons que le conducteur considère comme sans valeur les gains de temps qu'il fait par rapport à la moyenne qu'il a estimée mais qu'il considère que le temps perdu a une valeur double.

Dans ces conditions, la valeur moyenne devient  $t_0 + b/4$  (on retrouve la formule précédente avec  $k = 1/4$ ).

On peut dire que cette approche de l'usager est plus réaliste que celle d'une collectivité instituant une taxe de congestion puisqu'elle fait intervenir en la pondérant (par sa probabilité) l'éventualité d'un embouteillage grave ne survenant par exemple que trente heures par an alors qu'on ne peut pas fixer un péage pour une éventualité n'arrivant que trente heures par an et à des heures non prévisibles.

Ce mécanisme autorégulateur fonctionnera de mieux en mieux au fur et à mesure que l'expérience et la maturité des conducteurs augmenteront et aussi que leur information augmentera, ce qui crée un devoir pour les autorités administratives routières.

#### Annexe 4.19 Recours à la réglementation

On souhaite dans la ligne du rapport Allais et du présent rapport substituer dans toute la mesure du possible l'application du mécanisme des prix à celle de la réglementation.

Néanmoins, il est des cas où la réglementation est plus efficace et l'application du mécanisme des prix insup-

portable psychologiquement ou politiquement ou bien où elle donne lieu à de grandes complications d'application pour un bénéfice social quasi nul; il ne faut pas hésiter alors à appliquer la réglementation.

La théorie voudrait par exemple que l'on applique une taxe élevée aux véhicules anciens qui, par leur état mécanique ou leur lenteur, constituent un obstacle à l'écoulement fluide du trafic lorsqu'il y a de fortes densités de circulation.

Il est préférable dans ce cas, psychologiquement, d'appliquer une réglementation et de décider que ces véhicules seront retirés de la circulation à partir d'une certaine date ou à la suite de certains examens.

L'imposition d'un minimum de vitesse sur une autoroute est un moyen réglementaire d'éliminer des véhicules dont la valeur du temps est faible, ce que pourrait faire aussi un péage, mais on peut aussi éliminer ainsi des conducteurs apathiques qu'un péage pourrait ne pas rebuter.

## Chapitre 4.2

### Demande de transport

#### Annexe 4.21 La loi d'Abraham et son approximation

##### 4.21.1

Abraham<sup>(1)</sup> rend compte de différents résultats expérimentaux en ajustant une courbe de Gauss dont l'argument est une fonction relativement compliquée du rapport des coûts. La courbe obtenue est légèrement dissymétrique mais, dans la partie centrale qui est la plus importante, elle est sensiblement confondue avec sa tangente d'inflexion. Considérons le cas de la concurrence route—autoroute. On admettra un coût de fonctionnement sur la route et sur l'autoroute de 11 centimes, coût du temps 8 F, vitesse de 66 km/h sur route, coût total du parcours routier  $11 + 12 = 23$  centimes, coût du temps sur l'autoroute à 90 km/h: 9 centimes. Bonus de l'autoroute 3 centimes.

Coût total sur l'autoroute  $C_2 = 11 + 9 + p - 3 = 17 + p$  ( $p =$  péage)

Il y a égalité des coûts et partage égal du trafic pour

$$p = 6 \text{ centime } \frac{C_2}{C_1} = \frac{17 + p}{23}$$

Le tableau ci-dessous donne pour différentes valeurs du péage le trafic en pourcentage résultant de la courbe d'Abraham et de l'ajustement linéaire que nous proposons:

$p$	0	3	6	9	12
$\frac{C_2}{C_1}$	0,74	0,87	1	1,13	1,26
Trafic autoroute courbe d'Abraham	93 %	73 %	50 %	28 %	13 %
Trafic autoroute ajustement linéaire proposé	90 %	70 %	50 %	30 %	10 %

Le trafic autoroute est exprimé en pourcentage du trafic total, trafic local non compris.

Le trafic local varie. Il dépend de l'écartement des échangeurs, de la distance de l'itinéraire concurrent à l'autoroute. Il est évalué à 25 % du trafic total de sorte que les pourcentages du tableau s'appliquent dans ce cas à 75 % du trafic total.

Dans la dernière ligne du tableau figure l'ajustement rectiligne que nous proposons, qui a l'avantage de la simplicité et qui ne s'écarte pas sensiblement dans le domaine utile de la formule plus compliquée d'Abraham.

On voit aisément que si on ne tient pas compte des frais de perception, la recette maximum est obtenue pour un péage de 6,25 centimes, à porter à 6,50 environ si on en tient compte.

Un monopoleur n'a donc pas intérêt à pratiquer des péages supérieurs à 6,50 centimes hors pointe. Pour un péage nul, le trafic est 90 % du trafic non local, soit 72 % du trafic total.

Notons en passant que, quand le trafic aura été multiplié par 3,57 (ce qui se produit actuellement en 15 ans en France), la route parallèle à l'autoroute aura regagné son trafic primitif et, si elle était saturée à ce moment-là, elle le sera de nouveau.

Si le trafic se partage également entre la route et l'autoroute, il n'y a que  $50 - 28 = 22\%$  qui soient réellement du trafic « évadé » ou  $\frac{22}{50 + 22} = 31\%$  par rapport au trafic qui aurait pris l'autoroute pour  $p = 0$ .

Lorsqu'on veut réaliser l'équilibre budgétaire, il y a lieu d'appliquer hors pointe un péage non nul. Le péage du monopoleur écarte un trafic légèrement supérieur au chiffre de 31 % calculé ci-dessus et provoque une perte sèche qui est de l'ordre de 3 centimes par véhicule-kilomètre (moitié du péage); c'est la surface du triangle M P N (figure 4.21) qui, suivant un résultat bien connu, est proportionnelle au carré du péage net (péage - coût de perception - coût marginal d'entretien); un péage de 3,50 réduirait la perte à 1,50 par véhicule mais l'évasion du trafic sera diminuée de moitié de sorte que la perte totale sera réduite environ des trois quarts.

La recette nette elle-même n'est réduite que d'un quart et la perte sèche est le sixième de la recette; la rente des usagers est égale à neuf fois la perte sèche et l'utilité quinze fois. La perte d'utilité est donc inférieure à 7%. Il y a dans l'économie des transports des pertes bien plus graves. Si donc on n'est pas à l'opti-

(1) Abraham, Claude: « Répartition du trafic entre itinéraires concurrents — Réflexions sur le comportement des usagers — Application au calcul des péages. » *Revue générale des routes et des aérodromes* — octobre 1961.

mum on doit constater qu'on s'en approche raisonnablement, que les rentes des usagers sont considérables et que les pertes de ceux qui sont éliminés, représentent un pourcentage faible de l'utilité de l'ouvrage.

Il est facile de voir d'une manière élémentaire que la prise en compte de la théorie de la congestion réduit encore les pertes de rendement social dues à un péage donné.

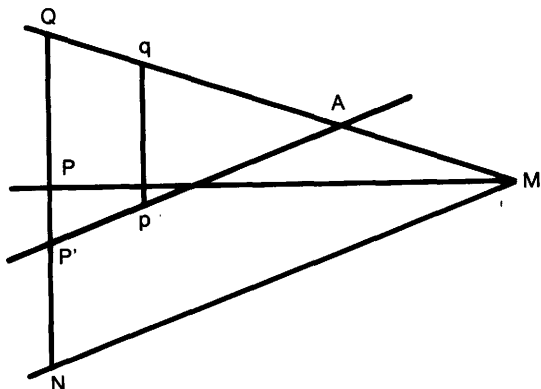


Figure 4.21

Soient  $NM$  la courbe de coût moyen  
 $P'A$  la courbe de coût marginal } offre  
 $MAQ$  la courbe de demande  
 $A$  intersection courbe de demande et courbe de coût marginal  
 $q$  et  $Q$  points de fonctionnement sur la courbe de demande.

La perte sèche  $P_s$  telle qu'elle résulte de la théorie précédente est la surface du triangle  $MPQ$

$PQ$  étant le péage  $P$  soit

$$P_s = \frac{P \times PM}{2} = \frac{P \Delta Q}{2}$$

$\Delta Q$  variation du trafic;  $P = \Delta Q y'$   
 $y'$  pente de la courbe de demande en valeur absolue.

La perte sèche résultant de la théorie précédente est donc

$$P_s = \frac{P^2}{2y'}$$

Celle résultant de la théorie de la congestion est,  $pq$  étant le péage  $p$ ,

$$p_s = \frac{pq \times \Delta q}{2} \quad p = \Delta q (z' + y')$$

$z'$  pente de la courbe d'offre en valeur absolue

$$p_s = \frac{p^2}{2(z' + y')}$$

A péage égal les pertes sèches sont dans le rapport

$$\frac{p_s}{P_s} = \frac{y'}{y' + z'}$$

Si  $y' + z' = 2y'$  on voit qu'à péage égal les pertes sèches sont divisées par 2. On peut donc adopter avec les mêmes pertes un péage  $\sqrt{2}$  fois plus élevé, donc 4,20 centimes au lieu de 3 centimes.

#### 4.21.2

Il est intéressant de chercher à calculer les élasticités de la demande que l'on déduit de notre schéma simplifié.

Il faut évidemment savoir de quoi on parle, c'est-à-dire si on parle d'élasticité par rapport au péage ou d'élasticité par rapport au coût généralisé.

Au péage donnant la recette maximum, c'est-à-dire ici voisin d'un péage net de 6,50 centimes, on sait que l'élasticité par rapport au péage net est  $-1$ .

Pour un péage net moitié, soit 3,25 centimes, le débit étant  $3/2$  et la pente de la courbe de demande constante, l'élasticité est multipliée par le rapport

$$\frac{p}{q}, \text{ c'est-à-dire par } \frac{1}{2 \times 3/2} = \frac{1}{3}$$

L'élasticité est de l'ordre de 0,33.

Mais si on cherche l'élasticité par rapport au coût généralisé il faut multiplier l'élasticité dans le premier cas par

$$\frac{23}{6,50} = 3,5 \text{ et dans le deuxième par } \frac{23 - 3,25}{3,25} = 6.$$

Dans le premier cas, l'élasticité est de 3,5; dans le second, elle est de 2.

Pour les valeurs élevées du péage, le modèle s'éloigne de la réalité et donne des chiffres d'élasticité tendant vers l'infini et qui sont irréalistes, mais il en est de même dans le cas du modèle déduit de la loi de Gauss (ou même d'une loi logarithmique normale) dans cette région.

Cette partie de la courbe n'a pas d'intérêt pour notre problème, mais elle en a dans le cas analogue de concurrence métro-voitures; il faut dans cette zone particulière adopter des courbes à élasticité constante.

Si on considère dans l'optique de Lévy-Lambert une courbe de demande globale, c'est-à-dire une courbe de stimulation (action du péage sur le trafic total route + autoroute), on a, en admettant les données suivantes, les élasticités par rapport au péage et par rapport au coût du tableau suivant:

Péage	6 c.	3 c.	0
Coefficient de stimulation	1,15	1,225	1,30
Élasticité par rapport au péage	$\frac{6}{1,15} \times \frac{0,15}{6} = 0,13$	$\frac{6}{1,225} \times \frac{0,15}{6} = 0,121$	
Élasticité par rapport au prix	$\frac{23}{1,15} \times \frac{0,15}{6} = 0,50$	$\frac{23}{1,225} \times \frac{0,15}{6} = 0,46$	

Il reste à comparer les chiffres que donne cette étude avec ceux retenus par d'autres auteurs. Pour un débit de 1 500 véhicules à l'heure, le coefficient angulaire de la courbe de demande est dans le cas de la stimulation  $1500 \times \frac{0,15}{6} = 37,5$  véhicules/heure/centime; dans le cas de détournement de trafic, par contre,  $1500 \times \frac{0,40}{6} = 100$  véhicules/heure/centime.

#### 4.21.3

Les considérations de l'annexe 4.22 conduisent à penser que les courbes de demande de trafic dans le cas du détournement de trafic doivent coïncider avec des fonctions de répartition de revenus. On sait que ces fonctions se confondent asymptotiquement pour les revenus élevés avec des courbes à élasticité constante. Nous pensons donc que pour les péages élevés il y a lieu d'ajuster les courbes de demande par une courbe à élasticité constante, mais dans le domaine utile pour les autoroutes l'approximation linéaire que nous avons proposée est suffisante.

Comme on l'a vu à l'annexe 3.52.1, le problème de la demande est en réalité beaucoup plus complexe, mais on se demande si certaines simplifications de la réalité ne sont pas nécessaires pour rendre ces notions opérationnelles.

La confusion dans ce domaine est augmentée par le fait que différentes définitions sont données pour l'élasticité, et que de nombreux auteurs omettent de préciser quelle est celle qu'ils retiennent.

Dans les annexes 4.51 et 4.52, nous utilisons l'élasticité par rapport au prix net. On considère aussi, par exemple dans les transports en commun, l'élasticité par rapport au tarif. Les économistes routiers envisagent l'élasticité par rapport au coût généralisé, qui est évidemment beaucoup plus forte. Enfin, Lévy-Lambert appelle élasticité le coefficient angulaire de la courbe de demande qui a l'intérêt d'être l'élément qui intervient dans les calculs d'optimum économique (voir annexe 4.51).

Dans tous les calculs économiques faits dans ce rapport ce n'est pas l'élasticité qui intervient naturellement, mais le coefficient angulaire  $y'$  des différentes courbes.

Si l'on envisage, par contre, d'étudier les pertes économiques par véhicule, c'est le coefficient  $\frac{y'}{y}$  qui intervient.

En ce qui concerne les courbes de demande relatives à l'engendrement, l'ajustement par des courbes à élasticité constante a été souvent recommandé.

On indique souvent des élasticités comprises entre 2 et 3, alors que l'ajustement exponentiel pour le tunnel sous la Manche donne une élasticité voisine de 1 (élasticité par rapport au péage). Plus haut nous avons trouvé 0,12 à 0,13.

Mohring ne fait pas la distinction entre le détournement et l'engendrement, et pour des autoroutes à quatre voies admet des coefficients de détournement variant entre 5 et 100 véhicules/heure par centime.

Lévy-Lambert, qui ne considère que l'engendrement, envisage des coefficients pour les véhicules-jour qui, ramenés à l'heure, donnent 300 véhicules/heure par centime à la pointe, et 100 véhicules/heure par centime hors pointe.

Pour une élasticité de 1 et un trafic de 1 500 véhicules/heure, on aurait, en admettant une dépense au kilomètre de l'ordre de 20 centimes, un coefficient de 75 véhicules/heure par centime, ce qui donnerait pour l'autoroute à quatre voies 300 véhicules/heure/centime.

On voit que les idées sont largement divergentes. Un économiste comme Walters<sup>(1)</sup> considère même qu'il est impossible de dégager les lois de demande.

Foster et Beesley<sup>(2)</sup> considèrent que l'élasticité de substitution du rail par la voiture est de 1,21 pour les longues distances et de 1/2 dans le centre (élasticité par rapport au tarif).

### Annexe 4.22 Loi de demande déduite du «Road Pricing»

#### 4.22.1

Le voyageur marginal est celui qui a une valeur du temps telle qu'il lui est indifférent d'utiliser soit l'autoroute avec un péage  $p_a$  soit la route avec un péage  $p_r$ .

L'équation est identique à celle qui est obtenue à l'annexe 4.12; les notations sont les mêmes en utilisant l'indice  $a$  pour l'autoroute et  $r$  pour la route.

$$p_a d_a - p_r d_r = \Delta \left[ \left( C + \frac{b}{V} \right) d + t - \varepsilon \right] \quad (1)$$

Admettons pour simplifier  $p_r = 0$ ,  $\Delta C = 0$ ,  $d_a = d_r$ ,

$$p_a = b \left( \frac{1}{V_r} - \frac{1}{V_a} \right) + \frac{t_r - t_a}{d} + \frac{\varepsilon_a - \varepsilon_r}{d} \quad (2)$$

$t$  charges terminales;  $V$  vitesse;  $\varepsilon$  bonus.

Soit  $n(b)$  le nombre de voyageurs dont le prix du temps est compris entre  $b$  et  $b + d b$  exprimé en pourcentage du nombre total  $N$ . Le nombre de voyageurs dont le prix du temps est inférieur à  $b$  est:

(1) Walters, A. Alan: «The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion.» *Econometrica* — Vol. 29, n° 4 — October 1961.

(2) Foster; Beesley: «The Victoria Line: Social Benefit and Finances.» *Journal of the Royal Statistical Society — Series (A)*, Vol. X, part I.

$$\frac{Nb}{N} = \int_0^b n \, d b = F(b) \quad (3)$$

$F(b)$  étant la fonction de répartition.

En remplaçant dans l'expression (3)  $b$  par la valeur extraite de l'expression (2) on a :

$$\frac{Nb}{N} = F(b) \quad b = \left( p_a - \frac{t_r - t_a}{d} - \frac{\varepsilon_a - \varepsilon_r}{d} \right) : \left( \frac{1}{V_r} - \frac{1}{V_a} \right)$$

qui a la forme d'une loi de demande.

Le coefficient angulaire de la courbe de demande a pour expression

$$\frac{N F'(b)}{\frac{1}{V_r} - \frac{1}{V_a}} = \frac{nN}{\frac{1}{V_r} - \frac{1}{V_a}}$$

et est donc proportionnel à  $n$ , c'est-à-dire à la densité de probabilité. Il en est de même de l'élasticité de la demande.

On voit qu'au cours de cette déduction, si on rétablit le terme  $p_r$ , l'expression de la loi de demande en fonction de la différence des coûts s'introduit naturellement.

L'écart-type de la loi de demande considérée comme une loi de répartition est proportionnel à celui de la loi de répartition de la valeur du temps, le coefficient de proportionnalité étant

$$\frac{1}{\frac{1}{V_r} - \frac{1}{V_a}}$$

Nous avons admis pour simplifier que les  $t$  et les  $\varepsilon$  avaient des valeurs constantes ou plutôt qu'on avait le droit d'introduire leur valeur moyenne dans les formules.

En toute rigueur, il faudrait considérer ces grandeurs comme des variables aléatoires et introduire leurs fonctions de répartition comme on a fait pour  $b$ .

On verra d'ailleurs au paragraphe suivant qu'on ne peut établir la concordance avec les données expérimentales en matière de demande que si on admet que le bonus a une loi de répartition analogue à celle de la valeur du temps.

#### 4.22.2

Supposons pour simplifier que la loi de demande soit l'approximation linéaire de la loi d'Abraham et que la répartition des revenus soit rectangulaire de largeur 16 F/h avec une moyenne de 8 F.

Le coefficient angulaire de la loi de demande est

$$\frac{1}{15 \text{ c/km}}$$

Le coefficient angulaire de la loi de répartition des

revenus est 
$$\frac{1}{16 \text{ F/u}} = \frac{1}{1600 \text{ c/u}}$$

Le rapport des coefficients est  $\frac{1600}{15} \text{ Km/h} = 106 \text{ Km/h}$  alors qu'il devrait être d'après la théorie précédente

$$\frac{1}{\frac{1}{66} - \frac{1}{90}} = 250 \text{ km/h.}$$

On voit que l'écart est considérable. On pourrait rétablir la coïncidence en multipliant par 2,5 le prix de l'heure et en annulant le bonus.

Il paraît plus conforme à de nombreux résultats accumulés dans ce rapport d'admettre que le bonus a une loi de répartition ne différant pas beaucoup (à un facteur près) de celle de la valeur du temps, le résidu s'expliquant :

- 1° par le fait que ces deux variables aléatoires sont partiellement indépendantes;
- 2° par le fait que les charges terminales ont aussi une loi de répartition.

### Annexe 4.23 Phénomènes de stimulation

De la constance du kilométrage effectué par voiture au cours des années aux États-Unis<sup>(1)</sup>, on peut tirer une autre conclusion. Au cours de ces années, de nombreuses voies nouvelles ont été ouvertes réduisant les temps de parcours, ce qui a entraîné des phénomènes de stimulation comportant des coefficients de majoration de 1,20 à 2,00 et même plus. Du fait que chaque voiture existante n'a pas accompli plus de kilomètres, on peut déduire semble-t-il que la stimulation n'est qu'une anticipation sur un détournement (ou un détournement si, comme on l'a fait pour le tunnel sous la Manche, on n'a pas tenu compte du transfert du fer sur les voitures).

S'il s'agit, par exemple, d'une résidence secondaire installée près d'une autoroute, sans l'autoroute la résidence secondaire aurait été installée ailleurs ou là-même, mais plus tard, quand le niveau de vie de l'individu aurait augmenté de manière que le coût généralisé divisé par le salaire soit le même.

On déduit aussi de ce qui précède que le développement urbain n'aura pas pour effet d'augmenter le kilométrage moyen par véhicule, mais simplement d'augmenter la fraction urbaine de ce kilométrage aux dépens de la fraction rurale.

Nous n'avons pas eu le loisir de prolonger ces réflexions mais il nous paraît probable que les courbes de demande relatives au phénomène de stimulation pourraient bien dans certains cas avoir la même allure en  $S$  que les courbes de détournement avec phénomène de saturation pour les péages faibles.

Dans le cas général il est cependant probable que la saturation n'interviendrait que pour le prolongement de la courbe dans la zone des péages négatifs.

(1) Voir 3.51.1.

Recherches complémentaires sur le cas urbain

Annexe 4.31 Contrôle du trafic par le stationnement payant

Le contrôle du trafic par le parking est possible. La pointe maximum en ville est la pointe du soir: c'est une pointe de sortie; il ne peut pas sortir du centre d'une ville un nombre de véhicules plus grand que ceux qui y sont parqués et cet écoulement ne se fait pas en un instant.

Plus précisément, une loi a pu être dégagée<sup>(1)</sup> reliant le débit de pointe:  $Q$  à la sortie d'un parking de longue durée et la capacité de ce parking:  $C$ .

On a:  $Q = kC(1)$   
avec  $k = 0,4$  ( $Q$  véhicules/heure)

L'inverse de la constante  $k$  a la dimension d'un temps:  
 $1/k = 2$  heures  $1/2$ .

Il semble que pour le centre de Paris, le coefficient soit du même ordre de grandeur.

Dans une rue où la durée maximum autorisée pour le parking serait une demie-heure, il est évident que si le parking est saturé le débit sortant est supérieur à  $2C$ , ce qui donne un coefficient  $k$  supérieur à  $2$ .

Pour Paris, à l'intérieur de l'enceinte des fermiers généraux où la pointe horaire est de 125 000 (entre 18 et 19 heures), le nombre de places de stationnement «en rue» est de 110 000; le nombre de places en garage est évalué à 110 000; si on y ajoute 50 000 places de parking dans les cours d'immeubles, on obtient un total de 270 000 places et le coefficient de la formule<sup>(1)</sup> est  $125\ 000/270\ 000 = 0,46$ .

Le coefficient de la formule (1) pourrait être réduit par un décalage des heures de sortie des bureaux.

Quoi qu'il en soit, le débit de sortie ne pouvant pas dépasser un certain volume fonction du nombre de places de parking situé à l'intérieur du cordon sur lequel on mesure le débit, on pourrait se demander s'il est vraiment nécessaire de compléter cette limitation par une autre, résultant de l'application d'une taxe de congestion.

On a vu les raisons pour lesquelles nous pensons qu'une taxation modérée de la congestion peut être utile. Mais il conviendra de ne pas instituer cette taxe avant d'avoir pleinement utilisé toutes les ressources de la taxation du stationnement: stationnement «en rue» payant dans le centre et à un taux plus élevé que celui des parkings-garages hors rue, lui-même fixé par le marché.

La preuve de l'efficacité du contrôle du trafic par le parking est donnée par l'exemple de Manhattan où le parking d'une journée revient à au moins 2 ou 3 dollars

<sup>(1)</sup> Malcor, René: «Deuxième semaine de la technique de la circulation», Bürgenstock 1954. *OTA*, Chesham Square, London.

et où 10% seulement des «commuters» pénètrent avec leur voiture individuelle.

Aucun économiste sans doute ne songe à contester sérieusement la légitimité de la taxation du parking au prix du marché. Si on laisse opérer le marché, celui-ci ne fera pas l'erreur qui consisterait à développer la construction de parkings nouveaux au delà des besoins des véhicules qui peuvent parvenir au centre en fonction de la capacité des radiales existantes.

Les auteurs du «Road Pricing» estiment qu'une taxe sur le parking est moins efficace qu'une taxe kilométrique de congestion pour deux raisons:

- la première est qu'à Londres 30% des véhicules du centre sont des véhicules en transit et qu'une taxe de parking ne les dissuaderait pas de pénétrer dans le centre. Mais ce problème devrait être résolu par l'établissement d'une voie de ceinture («ring»);
- la deuxième est que la taxe de parking pénalise les voyages courts.

Si nous négligeons les véhicules en transit (qui doivent être éliminés de toute façon), les voyages longs ont une utilité plus grande que les voyages courts puisque ceux qui les font acceptent de dépenser plus.

Nous avons vu à l'annexe 4.12 l'interdépendance qui existe entre taxes de congestion et taxes de parking.

La taxation du parking devra comporter une taxation progressive en fonction de la durée du parking.

Un parkeur de longue durée ayant beaucoup plus de chance d'être celui qui quittera le parking à l'heure de pointe, cette taxe progressive de parking pourrait peut-être avoir des effets équivalents à une taxe de congestion et être beaucoup plus facile à percevoir.

Des obstacles juridiques ont empêché jusqu'à présent en France l'institution du stationnement payant sur les voies publiques et le système des zones bleues qui y est employé ainsi qu'en Belgique est un succédané nécessitant des dépenses de contrôle bien supérieures à celles que l'on supporterait en utilisant des compteurs de stationnement.

Le vote d'une loi donnant en cette matière la liberté de taxation du stationnement sur les voies publiques aux municipalités est une première étape indispensable dans la voie du contrôle de la circulation par le mécanisme des prix<sup>(2)</sup>.

Pour des raisons psychologiques et en application du principe de l'équilibre budgétaire, il est indispensable que les ressources ainsi obtenues soient affectées à subventionner la construction de nouveaux parkings hors

<sup>(2)</sup> Si ce vote coïncide avec une réduction substantielle de la taxe sur l'essence, tous les obstacles psychologiques à cette décision indispensable tomberont du même coup.

*Nota:* Depuis la rédaction de cette annexe, les dispositions législatives nécessaires ont été prises en France, dernier pays parmi les Six où elles faisaient défaut, mais les obstacles psychologiques demeurent.



rue ou à d'autres dépenses intéressant la circulation (ceci étant justifié du fait que la taxe de parking est l'équivalent d'une taxe de congestion).

Nous rappelons que, conformément aux conclusions tirées de l'annexe 3.61, les parkings en rue devront être l'objet de tarifs plus élevés que les parkings hors rue, et la durée d'utilisation strictement limitée, ce qui d'ailleurs implique un problème de contrôle dont la solution n'est pas pour le moment satisfaisante.

Là encore, le mécanisme des prix pourrait être utilisé pour suppléer une réglementation inefficace en introduisant pour le stationnement au bord de la rue un tarif horaire augmentant avec la durée du stationnement.

#### Annexe 4.32 Les déplacements et les rentes foncières

Dans une communication faite en 1963 au séminaire de M. Roy à la Faculté des sciences de Paris sur les programmes linéaires en nombres entiers, nous avons montré que dans certaines circonstances la prise en charge du raccordement d'un terrain aux réseaux créait une rente qui était égale au coût de ces raccordements.

Nous obtenons un résultat analogue dans l'annexe 4.34.

Les travaux de Maarek<sup>(1)</sup> nous ont donné l'idée d'une généralisation de l'étude précédente dans laquelle, toujours en utilisant la présentation des programmes linéaires, nous retrouvons la plupart des résultats de Maarek, mais dans une optique différente, celle d'un optimum de production.

Nous envisageons le cas de la construction d'une ville à partir de zéro et nous cherchons à minimiser les dépenses des habitants que nous rangeons en trois catégories:

- 1) dépenses de transport (y compris la valeur du temps);
- 2) dépenses de construction d'habitations;
- 3) dépenses de raccordement aux réseaux divers.

Les dépenses 3) peuvent être aussi considérées comme des dépenses de transport et elles se présentent formellement comme les dépenses 1).

Nous supposons en première analyse qu'il n'y a pas de dépenses de terrain. Nous supposons, d'autre part, que le territoire est divisé en  $i$  zones de dimensions finies  $\Delta\sigma_i$ .

Dans certains cas, nous ferons tendre  $\Delta\sigma_i$  vers 0,  $i$  augmentant indéfiniment.

Dans ces conditions le programme linéaire primal se présente de la façon suivante:

Minimum de  $\sum x_{ijp} K_{ijp} + \sum y_i d_i$

sous les conditions  $\mu_{ijp} y_{ip} - x_{ijp} = 0$  variable duale  $q_{ijp}$  (1)

$\sum_i y_{ip} = N_p \Delta p$   $n_p$  (2)

(<sup>1</sup>) Maarek: Communication (non publiée) au séminaire de M. Drevon à la Faculté des sciences de Paris — 24 février 1965.

$$y_i - \sum_p y_{ip} \geq 0 \quad r_i \quad (3)$$

$$-y_i \geq -h_i \quad \Delta\sigma_i \quad S_i \quad (4)$$

avec la condition

$$\sum_p N_p \Delta p \leq \sum_i h_i \Delta\sigma_i$$

$x_{ijp}$  nombre de voyages (en comptant séparément l'aller et le retour) de la zone  $i$  à la zone  $j$  pour un ménage de revenus compris entre  $p$  et  $p + \Delta p$ .

$K_{ijp}$  coût généralisé de ce voyage.

Ce coût est 
$$K_{ijp} = d_{ij} \left( \alpha_{ijp} + \frac{\beta_p}{V_{ijp}} \right).$$

$d_{ij}$  distance de la zone  $i$  à la zone  $j$ .

$\alpha_{ijp}$  prix du km sur le trajet  $ij$  pour la catégorie de revenus  $p$ .

$\beta_p$  prix du temps pour la catégorie de revenus  $p$ .

$V_{ijp}$  vitesse entre  $i$  et  $j$  pour la catégorie de revenus  $p$  en moyenne (les individus de la catégorie  $p$  peuvent prendre une voiture, ceux d'une autre catégorie le métro).

Pour les services publics  $K_{ijp}$  se réduit à un terme de la forme  $d_{ij}\alpha_{ij}$  et les trajets sont simples (en général).

$y_i$  nombre de logements construits dans la zone  $i$ .

$d_i$  coût de ces logements supposé uniforme dans toute la zone  $i$ .

$y_{ip}$  nombre de logements de la zone  $i$  occupés par des ménages de revenu  $p$ .

$\mu_{ijp}$  nombre de voyages effectués à destination de la zone  $j$  en moyenne par chaque ménage de revenus  $p$  habitant dans la zone  $i$  (un pour aller, un pour revenir).

Les égalités (1) résultant des définitions précédentes sont au nombre de  $ijp$ .

Les variables duales sont  $q_{ijp}$ .

$N_p \Delta p$  est le nombre des habitants de la ville dont le revenu est  $p$  (compris entre  $p$  et  $p + \Delta p$ ).

Les inégalités (3) vont de soi; elles sont au nombre de  $i$ .

Les variables duales sont  $r_i$ .

$h_i$  est la densité maximum autorisée d'habitations dans la zone  $i$ ; on la suppose fixée par l'autorité administrative.

$\sigma_i$  est la surface de la zone  $i$ .

Les inégalités (4) expriment la condition de la limitation de la densité. Elles sont au nombre de  $i$ .

Les variables duales correspondantes s'appellent  $S_i$ .

Le dual se formule de la manière suivante:

$$\sum_j N_p N_p \Delta p - \sum_i h_i \Delta\sigma_i S_i \quad \text{Maximum}$$

$$\begin{aligned} \Sigma q_{ijp} \mu_{ijp} + n_p - q_{ijp} &\leq K_{ijp} & x_{ijp} & & (5) \\ r_i - r_i &\leq 0 & y_{ip} & & (6) \\ r_i - S_i &\leq d_i & y_i & & (7) \end{aligned}$$

D'après (4) dans toutes les zones où la densité de construction autorisée est atteinte,  $S_i$  est  $\neq 0$ ; de même  $S_i$  est nul hors agglomération ou dans les zones frontalières où la construction n'atteint pas la densité autorisée.

Dans toute zone d'habitation (zone qui n'est pas hors de l'agglomération) la variable duale de (7)  $y_i \neq 0$ .

Dans ce cas (7) est une égalité

$$r_i - S_i = d_i \quad (7')$$

Pour toute zone d'habitation où l'on trouve des ménages de revenu  $p$  fréquentant la zone  $j$  la variable duale de (5)  $x_{ijp} \neq 0$ .

Dans ce cas (5) est une égalité

$$-q_{ijp} = K_{ijp} \quad (5')$$

Dans ces cas (6) s'écrit

$$-\frac{\Sigma K_{ijp}}{j} \mu_{ijp} + n_p - (S_i + d_i) \leq 0 \quad (6')$$

(ménages de revenus  $p$  vivant dans la zone  $i$ )

$$n_p = S_i + d_i + \frac{\Sigma K_{ijp}}{j} \mu_{ijp} \quad (6'')$$

Si  $y_{ip} = 0$ , (6') est une inégalité

$$n_p \leq S_i + d_i + \frac{\Sigma K_{ijp}}{j} \mu_{ijp} \quad (6''')$$

On voit donc en rapprochant (6'') et (6''') que  $n_p$  correspond au minimum du second membre de (6'') à  $p$  constant et  $i$  variable.

Si on représente par  $\varphi_{ip}$  l'expression  $\Sigma_p K_{ijp} \mu_{ijp}$  que nous appellerons le potentiel des déplacements et si nous faisons tendre  $i$  vers l'infini en supposant toutes les fonctions dérivables,  $p$  sera déterminé par l'égalité.

$$\text{grad}(S_i + d_i) = -\text{grad} \varphi_{ip}$$

$n_p$  est égal pour cette valeur de  $p$  à

$$S_i + d_i + \varphi_{ip}$$

Les courbes d'égal  $S_i + d_i$  et d'égal  $\varphi_{ip}$  sont confondues avec les courbes  $p = \text{cte}$ .

Cette conclusion est en défaut si la répartition des revenus est discontinue.

Supposons qu'il n'y ait qu'une seule catégorie de revenus; dans ce cas  $n_p$  est constant sur la totalité de la ville mais à la périphérie, par exemple dans la zone  $i_0$ , nous avons vu que  $S_{i_0} = 0$ .

Nous supposons  $i_0$  de dimensions infiniment petites sur la limite d'agglomération.

On a donc dans une zone  $i$  quelconque

$$S_i + d_i + \varphi_i = d_{i_0} + \varphi_{i_0}$$

$$S_i = d_{i_0} - d_i + \varphi_{i_0} - \varphi_i$$

Quand  $d_{i_0} = d_i$ ,  $S_i$  est égal à la différence de  $\varphi_{i_0}$  et de  $\varphi_i$ .

Supposons qu'il n'y ait qu'un centre  $j$ ;

dans ce cas  $\varphi_j = 0$

d'où  $S_j = \varphi_{i_0}$

Les  $S$  ont le caractère d'une rente.

Dans le cas particulier précédent, la rente au centre

d'une ville radio-concentrique est égale à la valeur des déplacements et du temps correspondant d'un ménage résidant dans la zone périphérique.

Plus généralement, pour des ménages à revenus uniformes, la somme de la rente et du potentiel de déplacement est constante, et la rente dans une zone déterminée est égale à la différence entre le potentiel de déplacement à la périphérie et le potentiel de déplacement dans cette zone.

Le coût généralisé des déplacements dont l'élément le plus important est le temps perdu se retrouve dans les rentes foncières des zones de faibles déplacements, donc des zones centrales.

#### 4.32.2

Le modèle précédent ne traite pas des rentes que nous avons appelées ailleurs<sup>(1)</sup> les rentes de densité.

Elles sont liées au problème de l'implantation des commerces ou industries comportant des charges fixes. Les rentes des commerces dans le centre des villes sont de cette nature. Leurs valeurs influenceront sur les rentes des logements voisins.

L'optimum résultant du modèle précédent n'est pas modifié si on ajoute une constante à toutes les rentes. On peut tirer de ce fait deux conséquences:

- 1° l'existence de rentes commerciales dans le centre des villes supérieures à celles des logements, entraîne l'existence de rentes non nulles à la limite de l'agglomération;
- 2° l'existence d'une pénurie naturelle ou artificielle de logements entraîne également l'existence de rentes non nulles  $S_i$  à la périphérie, et le fait que toutes les rentes à l'intérieur de la ville sont majorées de cette quantité  $S_i$ .

D'autre part, le modèle peut s'améliorer de deux façons:

- a) remplacer l'inéquation (3) par l'inéquation
 
$$-y_i \geq -h_i \Delta \sigma_i + b_i r_i$$

$$b_i$$
 nombre de logements existants déjà dans la zone  $i$ ;
- b) ajouter à la fonction objectif le terme
 
$$-\Sigma y_{ip} \varepsilon_{ip}$$

$\varepsilon_{ip}$  étant le bonus qu'une famille de revenu  $p$  attribue au fait d'habiter dans la zone  $i$ , par exemple, si la zone  $i$  est une zone de jardins ou de terrains de sports ou si elle est déjà occupée partiellement par des personnes de même revenu.

Le modèle ainsi modifié est plus réaliste:

- 1° dans ce sens qu'on ne construit plus une ville à partir de rien;
- 2° dans ce sens que la distance au centre ou aux centres n'est plus le seul critère de choix mais aussi ce caractère plus ou moins attrayant d'une zone.

(1) Malcor, René: « Localisation des industries et impôt sur l'emploi. » *Économies et sociétés* — F 23 — n° 10, 1968. Librairie DROZ, Genève.

On aurait pu se dispenser d'introduire la notion de bonus, car dans sa forme primitive le modèle peut rendre compte des phénomènes liés au bonus.

Supposons par exemple que la zone  $j$  contienne des terrains de sport — ou des jardins — pour certaines catégories de revenu.  $\mu_{ijp}$  sera particulièrement élevé et ceci donnera le même résultat que si on affectait un bonus à la zone puisque ceux qui apprécient ces avantages auront tendance à minimiser leur distance à la zone.

Les modifications du dual seraient les suivantes :

L'objectif du dual deviendrait

$$\sum n_p N_p \Delta p - (\sum h_i \Delta b_i - b_i) S_i$$

La rente  $S_i$  s'applique donc aux logements existants et l'inéquation (6) est remplacée par

$$\sum q_{ijp} \mu_{ijp} + n_p - r_i \leq -\varepsilon_{ip}$$

Dans les équations (6'') et (6'''),  $\varepsilon_{ip}$  se retranche de la rente.

S'il existe à la périphérie des terrains ayant un certain bonus  $\varepsilon_{ip}$  et que des familles de revenu  $p$  y habitent, toutes les rentes de la ville sont diminuées du bonus  $\varepsilon_{ip}$ .

Le goût des Américains et des Anglais pour les résidences périphériques diminue la rente des terrains centraux résidentiels. L'effet sur les dépenses de voirie radiale est inverse puisqu'une proportion infime d'habitants se rendent à pied à leur travail dans le centre.

#### 4.32.3

Pour rendre compte du phénomène d'agrégation groupant des personnes de même revenu (ou habitudes) dans le même quartier, il faudrait introduire un terme quadratique dans l'inégalité<sup>(1)</sup> de la forme :

$$\mu_{ijpp'} y_{ip} y_{jp'}$$

les coefficients  $\mu_{ijpp'}$  ayant une valeur particulièrement élevée quand  $p = p'$ .

#### 4.32.4

Les principaux enseignements de la théorie qui précède, dans les limites de validité du modèle utilisé, sont les suivants :

1. Les rentes des locaux d'habitation sont la contrepartie des économies de transport (y compris les économies de temps) que la situation de ces locaux permet de faire.
2. Pour une ville à centre unique, la valeur des rentes au centre est proportionnelle à la dimension linéaire de la ville, donc, en gros, à la racine carrée de la population. Si donc la population de cette ville augmente de  $a\%$  par an, les rentes augmentent de  $a/2\%$ , de sorte qu'un impôt foncier supplémentaire de  $a/2\%$  ne fait que récupérer la plus-value correspondante.
3. Les rentes sont proportionnelles (si on néglige le prix de transport) à la valeur du temps de loisir, donc à la valeur du temps de travail, c'est-à-dire

au niveau des salaires. L'augmentation annuelle du niveau des salaires justifie donc pour les mêmes raisons que ci-dessus une majoration de l'impôt foncier.

### Annexe 4.33 Impôt sur l'emploi

Pour contrôler le développement des villes, au-delà d'une taille optimum, il existe des moyens plus efficaces que la taxation de la congestion automobile.

Une théorie de la congestion peut être établie au sujet du développement des villes suivant les mêmes lignes que pour la circulation.

Il y a dans une grande ville conflit d'intérêts entre les industriels et commerçants qui font des économies d'échelle et le travailleur dont le temps perdu augmente plus que proportionnellement à la taille de la ville.

Nous prendrons la fonction de production sous la forme la plus simple qui puisse tenir compte des économies d'échelle.

$$\sum a_i + h b_i N$$

Soit  $a_i$  charge fixe de l'industriel  $i$

$b_i$  coût de l'heure de travail

$b_i$  valeur de l'heure de loisir.

Si  $\delta$  est la densité de population,

$N$  la population active de la ville,

la dimension moyenne de la ville est  $K \left( \frac{N}{\delta} \right)^{1/2}$ .

Le temps perdu est  $\frac{K}{V} \left( \frac{N}{\delta} \right)^{1/2}$

$V$  vitesse de transport

$h$  nombre d'heures de travail par ouvrier.

Le coût social limité à ces deux termes (coût de production et temps perdu) sera

$$\sum a_i + h b_i N + \frac{b_i}{V} \frac{K}{(\delta)^{1/2}} N^{1/2} N$$

la production étant supposée proportionnelle à  $N$ .

Le coût de l'unité de production est proportionnel à

$$\frac{\sum a_i}{N} + h b_i + \frac{b_i}{V} \frac{K}{(\delta)^{1/2}} N^{-1/2}$$

Il y a optimum pour

$$\frac{\sum a_i}{N^2} + 1/2 N^{-1/2} \frac{K b_i}{V (\delta)^{1/2}}$$

$$N^{3/2} = 2 \frac{\sum a_i}{K b_i} V (\delta)^{1/2}$$

La population optimum d'une ville est donc d'autant plus grande que la vitesse des déplacements et la densité de population sont plus grandes et que les

charges fixes des industriels sont plus grandes; elle est d'autant plus petite que la valeur du temps de loisir est plus grande.

A l'optimum 
$$\sum a_i = \frac{b_i K}{2V(\delta)^{1/2}} N^{3/2}.$$

A l'optimum la somme des charges fixes des industriels est égale à la valeur du temps perdu en déplacements divisée par 2.

Suivant la théorie de la congestion, le coût marginal de congestion provoqué par la création d'un emploi nouveau est:

$$h b_i + \frac{3b_i K N^{1/2}}{2V(\delta)^{1/2}}$$

dont le premier terme seulement est supporté par l'employeur.

Il faut donc suivant cette théorie imputer aux employeurs une fois et demie le temps perdu pour que l'employeur n'ait pas intérêt à recruter de personnel au-delà du niveau correspondant à l'optimum social.

Pour obtenir l'effet recherché, il suffirait d'appliquer l'impôt correspondant aux emplois nouveaux. Si l'on admet que l'heure de loisir vaut la moitié de l'heure de travail, le taux de l'impôt serait, en pourcentage, les trois-quarts du rapport de la durée des déplacements (domicile-travail) à la durée du travail.

Dans les villes dont on veut, au contraire, favoriser la croissance, les employeurs qui investiraient dans la construction de logements pour leurs employés réduisant la distance domicile-travail, pourraient être dégrévés.

L'impôt tel qu'il a été calculé plus haut est sous-évalué. En effet, on a tenu compte seulement des effets d'échelle sur les entreprises; on n'a pas tenu compte de la rente d'agglomération, c'est-à-dire des économies de transport résultant de la concentration d'industries complémentaires dans une grande ville. On n'a pas tenu compte non plus de l'effet multiplicateur de la rente de densité, c'est-à-dire de l'avantage qui résulte pour les commerces du fait de disposer d'une clientèle concentrée.

En sens inverse on n'a pas tenu compte du rendement décroissant de certains services publics urbains.

Dans ces conditions, il apparaît que l'impôt envisagé ci-dessus devrait, pour être efficace, subir une majoration et ceci mériterait des études complémentaires. Cet impôt devrait remplacer la prime de transport qui existe dans les grandes villes et qui est inefficace.

Une partie des recettes faites sur cet impôt devrait être utilisée pour financer les investissements des transports en commun.

La taxe fixe qui est perçue dans certaines villes pour l'installation de nouveaux bureaux est inefficace du fait qu'elle est payée une fois pour toutes.

Pour être efficace, une telle taxe ne doit pas être forfaitaire et payée une fois pour toutes. Elle doit être proportionnelle au nombre des ouvriers employés et frapper ainsi toute unité de production, de manière à poser sur les décisions d'une entreprise placée devant la concurrence.

C'est à cette condition seulement que, pour augmenter sa compétitivité, l'entreprise sera incitée à abandonner la ville congestionnée ou, tout au moins, à créer de nouvelles activités dans des villes non congestionnées.

#### Annexe 4.34 Rentes foncières et ouvrages publics

Le modèle suivant a pour intérêt de montrer d'une manière frappante comment les péages modifient les rentes foncières créées par les économies de prix de transport et de temps de parcours.

Pour étendre une ville, on peut, soit construire des logements à la périphérie de coût  $l_t$ , soit construire des logements dans une île de coût  $l_h$ .

L'île est reliée à la ville par un pont de coût  $d_h$ .

Primal	coûts de transport et loyers	coûts de transport et loyers	coût de l'ouvrage
			$(C_t + l_t)w_t + (C_h + l_h)w_h + x d_h$
$w_t$	est le nombre d'employés habitant à la périphérie		
$w_h$	est le nombre d'employés habitant dans l'île		
$C_t$	les coûts de transports généralisés correspondants		
$C_h$			
$x$	la variable d'existence du pont		
	$w_t + w_h \geq W$		variable duale
$W$	nombre d'emplois nouveaux dans la ville	$P$	
	$-w_h \geq -\delta$		$q$
$\delta$	nombre maximum de logements dans l'île		
	$-w_h + Mx \geq 0$		$r$
	$-x \geq -1$		$S$
$M$	est une constante auxiliaire inférieure ou égale à $\delta$ et à la capacité du pont; elle aura pour valeur finale la valeur de $w_h$ résultant de la solution du problème.		

Dual		
$pW - \delta q - S$	maximum	
$p \leq C_t + l_t$		$w_t$
$p - q - r \leq C_h + l_h$		$w_h$
$rM - S \leq d_h$		$x$

Si  $w_t, w_h$  et  $x \neq 0$ , c'est-à-dire si on a intérêt à construire le pont et si l'île est saturée

$$\begin{aligned} p &= C_t + l_t \\ q + r &= C_t + l_t - (C_h + l_h) \\ \delta &= -d_h + rM \end{aligned}$$

$$\delta = -d_h + M \left[ -q + \frac{t}{h} (C + 1) \right]$$

$\frac{t}{h} (C + 1)$  = variation de  $C + I$  quand on passe de la périphérie à l'île.

Si le nombre d'emplois  $W$  est supérieur à la valeur finale de  $M = \delta$

$$S + \delta q = \delta \times \frac{t}{h} \Delta (C+1) - d_h$$

$$r = \frac{S + d_h}{\delta} = \frac{t}{h} \Delta (C+1) - q; \text{ mais } q = -r + \frac{t}{h} \Delta (C+1)$$

Pour qu'il y ait intérêt à construire le pont il faut que  $S + \delta q$  soit positif, c'est-à-dire

$$d_h < \delta \cdot \frac{t}{h} \Delta (C+1)$$

$S + \delta q$  est la somme de la rente de l'exploitant du pont et de la rente des logements construits dans l'île.

$r$  est le péage; Si, qui est la rente du pont, est nulle,

$r = \frac{d_h}{\delta}$  il y a équilibre budgétaire pour l'exploitant du pont, et la rente des logements est égale à  $\frac{t}{h} \Delta (C+1)$ .

Si on annule le péage, l'exploitant du pont subit une perte égale en valeur absolue à  $d_h$  et la rente des logements est augmentée de  $d_h$ .

Cette perte est donc transférée entièrement sur la rente des logements.

Si tous les habitants sont propriétaires et construisent le pont à leurs frais, les deux solutions sont équivalentes. Dans ce cas, comme dans le cas où le pont est construit par l'État, on a intérêt à construire le pont dès que  $S + \delta q$  est positif, c'est-à-dire dès que

$$\delta \frac{t}{h} \Delta (C+1) \geq d_h$$

et on appliquera le péage  $\frac{d_h}{W}$  si on recherche l'équilibre budgétaire, et  $\Delta (C+1) > \frac{d_h}{W}$ , si on veut confisquer la plus-value des propriétaires.

Si les habitants sont locataires, à péage nul, ils paient un loyer augmenté de la rente; leur situation sera la même que s'il y avait péage égal à  $\frac{d_h}{W}$  mais la rente des propriétaires aura été augmentée de  $d_h$ , c'est-à-dire de la valeur du pont, alors que le constructeur subira un déficit égal à  $d_h$ .

Si le pont a été financé par l'impôt, il y aura un transfert de la valeur du pont des contribuables aux propriétaires, la situation des locataires étant inchangée. Il est bien certain que de tels transferts qui sont à l'avantage des propriétaires et au désavantage des autres contribuables ne sont pas neutres.

#### Annexe 4.35 Concurrence entre autobus et voitures individuelles

Nous admettons que dans la relation vitesse-débit un autobus est équivalent à trois voitures particulières.

Soit  $q_1$  le nombre de voitures particulières par heure

$q_2$  le nombre d'autobus par heure

$n_1$  le nombre moyen d'occupants des voitures particulières

$n_2$  le nombre moyen d'occupants pour les autobus.

La formule vitesse-débit s'écrit:

$$V = V_0 - f(q_1 + 3q_2)$$

La vitesse  $V$  est la vitesse du courant de circulation (compte tenu des arrêts dus aux feux rouges et aux embouteillages et compte non tenu des délais dus aux arrêts des autobus qui sont incorporés pour la commodité du calcul dans les charges terminales des autobus).

On en déduit

$$\frac{\partial V}{\partial q_1} = -f' \quad \frac{\partial V}{\partial q_2} = -3f' \quad \frac{\partial V}{\partial(n_1 q_1)} = -\frac{f'}{n_1}$$

$$\frac{\partial V}{\partial(n_2 q_2)} = -\frac{3f'}{n_2}$$

On en déduit que la taxe de congestion relative à l'autobus est triple de celle relative à une voiture individuelle.

Si l'on admet que l'autobus contient 50 voyageurs et que la voiture contient 1,2 voyageurs, on voit que la taxe à appliquer à un passager d'autobus est le 17° de celle à appliquer à une voiture individuelle ou le 14° de celle à appliquer à l'occupant d'une voiture. On ne se trompera donc pas de beaucoup en appliquant une taxe à la congestion nulle aux voyageurs d'autobus.

Le calcul se poursuit comme dans l'annexe 4.12.

La différence des taxes de congestion est, comme indiqué dans cette annexe, égale à la différence des coûts moyens pour le voyageur marginal.

On a vu que dans l'attente de constructions nouvelles de lignes de métro, l'application de taxes à la congestion n'apportera pas d'amélioration importante à la circulation (et de toute façon, ces améliorations seront de courte durée). La raison en est que l'élasticité globale de la circulation par rapport aux prix est faible.

Ici encore, cependant, l'application de taxes différentielles permettrait sans doute d'obtenir des améliorations plus substantielles. On parviendra à ce but en spécialisant les voies.

Déjà, aux États-Unis et dans plusieurs grandes villes en Europe, on donne dans certaines voies priorité absolue à la circulation des véhicules automobiles en créant des voies artérielles ou « thoroughfares » où le parking est interdit et où les voitures en infraction sont immédiatement délogées.

Dans d'autres voies, où le parking est toléré, la circulation est plus lente, les « thoroughfares » disposant d'un temps de vert supérieur sauf, évidemment, lorsqu'elles rencontrent une autre « thoroughfare ».

Ces méthodes, appliquées à deux voies est-ouest de

Manhattan<sup>(1)</sup>, ont permis de faire passer le temps de parcours de 25 minutes à 5 minutes (la mise en sens unique de Broadway a fait passer la vitesse aux heures de pointe de 5 miles à l'heure à 30 miles à l'heure).

Notons, en passant, que la vitesse de 5 miles à l'heure aurait justifié, suivant la théorie de la congestion, une taxe de 450 centimes par kilomètre, alors que celle de 30 miles à l'heure correspond à une taxe nulle. Bien entendu, la taxe réelle aurait été inférieure à 450 centimes puisque la taxe de congestion se calcule en fonction de la vitesse finale et que celle-ci, avec taxe optimum, aurait été supérieure à 5 miles/heure. Aurait-il été légitime d'imposer dans le passé une taxe de l'ordre de 450 centimes alors que des mesures techniques et administratives ont permis d'améliorer la circulation beaucoup mieux que ne l'aurait fait la taxe de congestion et sans imposer cette taxe?

Les «thoroughfares» sont, en général, à sens unique, ce qui augmente de plus de 20% le débit des voies et réduit l'instabilité du courant de circulation, notamment par la suppression de l'inconvénient que représentent, dans les voies à double sens, les virages à gauche.

Dans les voies qui ne sont pas des voies artérielles, il est, par contre, justifié de favoriser le parking au bord des rues qui se fera, bien entendu, à titre onéreux dans les conditions que nous avons détaillées ailleurs.

Il est à noter que l'interdiction du parking sur les voies artérielles n'est pas imposée tellement pour augmenter la largeur des voies destinées à la circulation, car il suffirait d'interdire pour cela le parking avant les croisements sur une cinquantaine de mètres; l'intérêt est surtout de supprimer la gêne qui est causée par les véhicules qui manœuvrent pour se garer ou pour sortir de leurs places de stationnement et qui encombrant une voie supplémentaire.

Il y aurait le plus grand intérêt à créer une troisième catégorie de voies spécialisées, celles où une priorité absolue serait accordée aux autobus. Cette priorité revêtirait plusieurs formes:

- 1) les autobus commanderaient eux-mêmes la mise au vert des feux de signalisation<sup>(2)</sup>, excepté à la traversée de certaines voies artérielles prioritaires que l'on s'efforcera, d'ailleurs, de placer en souterrain le plus rapidement possible;
- 2) une taxe de congestion exceptionnelle sera appliquée aux voitures individuelles utilisant ces rues.

L'application d'une taxe de congestion différentielle est justifiée par la théorie du concurrent. Elle aura une efficacité très grande puisque la voie prioritaire sera en concurrence avec des voies où la taxe de congestion sera beaucoup plus faible. D'autre part, la commande des

feux par les autobus rendra impossible l'application de feux coordonnés, de sorte que ces voies ne présenteront pas d'intérêt pour les véhicules en transit et que leur fréquentation sera à peu de chose près limitée à celle des riverains.

La question se pose de savoir si la taxation de la congestion doit être appliquée aux taxis; la réponse à cette question est encore donnée par des considérations de concurrence.

L'automobiliste privé a un comportement marginaliste (il néglige dans ses décisions non seulement le coût en capital de la voiture, mais encore les frais de garage permanent et même les frais d'entretien et peut-être ceux d'accident, en tous cas ceux d'assurance). La concurrence avec le taxi qui ne peut pas subsister avec un tarif marginal est ainsi faussée. Comme nous excluons dans la ligne générale de ce rapport une exploitation publique des taxis au coût marginal, nous sommes amenés à conclure qu'il ne faut pas appliquer la taxe de congestion aux taxis.

La congestion due aux taxis est contrôlée par une mesure administrative (limitation du nombre des taxis), prise pour des motifs étrangers à la congestion. Le kilométrage effectué par un taxi à Paris est par jour de 130 km (dont 96 en charge) alors que celui d'une voiture particulière est de 20 km; il est donc évident que le coût social d'une circulation d'un taxi sur 1 km est inférieur à celui d'une voiture privée.

L'utilisation du taxi comporte d'autres avantages économiques. Sans parler de l'occupation moindre des places de stationnement les taxis ne font pas de «cruising» à la recherche d'une place de stationnement; par ailleurs l'utilisateur d'un taxi utilise d'autres moyens tels que marche à pied, transports en commun, chemins de fer de banlieue pour une partie de ses trajets journaliers, moyens qui allègent en général la congestion automobile.

#### Chapitre 4.4

##### Données et recherches sur la saturation économique

##### Annexe 4.43 Étude complémentaire de la qualité du service

Moskowitz et Newman<sup>(3)</sup> justifient l'emploi d'un niveau de service plus élevé pour les routes de rase campagne, c'est-à-dire de volumes de trafic plus bas.

C'est que les parcours étant plus longs il faut imposer aux utilisateurs une tension nerveuse plus faible.

Les chiffres obtenus sont très faibles et bien au-dessous de la capacité de la voie qui peut atteindre, d'après les auteurs, 2 200 véhicules sur la voie médiane.

(1) Barnes, Henry A.: «Increasing Street Capacity.» *International Road Safety and Traffic Review* — Vol. XIV, n° 1 — 1966.

(2) Un tel dispositif est prévu dans la nouvelle ville de Runcorn, Cheshire, Angleterre.

(3) Moskowitz, K.; Newman: «Notes on Freeway Capacity. — Comments on Highway Capacity.» *Highway Research Board* — 1961.

Tableau 1

Nombre de voies dans un sens	Trafic pour circulation libre un sens	Par voie
2	1 500	750
3	3 000	1 000
4	4 500	1 125

A des niveaux plus élevés les automobilistes craignent d'être pris au piège dans la première voie (droite) dont le débit et la vitesse sont plus limités.

Tableau 2

	Autoroute à 4 voies	6 voies	8 voies
1 <sup>re</sup> voie	1 200	1 200	1 200
2 <sup>e</sup> voie	1 800	1 700	1 500
3 <sup>e</sup> voie		1 800	1 800
4 <sup>e</sup> voie			1 800
Total	3 000	4 700	6 300
Moyenne par voie	1 500	1 565	1 575

Le tableau 2 correspond à une autoroute urbaine de niveau avec 3% de camions loin d'une rampe et dans une ville de plus d'un million d'habitants.

Il contient ce que les auteurs appellent le trafic acceptable.

#### Annexe 4.44 Saturation dans le cas urbain

Dans le cas des voies urbaines, les capacités limites possible et pratique sont définies par le Highway Capacity Manual, édition de 1950<sup>(1)</sup>, en se référant aux carrefours qui sont évidemment les points déterminants pour la capacité.

La capacité limite est celle d'un carrefour idéal; l'intervalle des véhicules étant de 2,4 secondes, le débit correspondant est de 1 500 véhicules par heure de feu vert pour une voie de 12 pieds et de 1 250 pour une voie de 10 pieds.

D'une manière plus précise la capacité limite est le volume écoulé par le carrefour quand la totalité du temps de feu vert est utilisée, c'est-à-dire lorsqu'on admet sans limitation les attentes aux feux.

La capacité possible tient compte des conditions réelles: piétons, virages, etc.

La capacité pratique est le volume écoulé lorsque la plupart des véhicules n'attendent pas plus d'un cycle.

Les trois capacités sont comptées par heure de feu vert.

On constate que la capacité pratique est égale à 80%

<sup>(1)</sup> Highway Research Board: « Highway Capacity Manual. » Department of Commerce Bureau of Public Roads, Washington — 1950.

de la capacité possible et il est probable que ce résultat pourrait être vérifié par la théorie des files d'attente. On sait que, quand le coefficient de service est égal à 100%, les lignes d'attente augmentent indéfiniment mais que, quand il descend à 80%, une amélioration considérable est constatée.

On peut essayer de préciser cette définition qui contient un terme un peu vague en admettant qu'il y a défaillance une fois par heure, c'est-à-dire si la durée du cycle est d'une minute, la probabilité de défaillance est de 1/60, soit de 1,6%, si l'on définit la défaillance par le fait que la capacité pratique est dépassée.

Pour une capacité limite de 1 250, la capacité pratique descend à 800 et au-dessous et à 700 et moins quand le parking est autorisé au débouché sur le carrefour.

Pour les routes express (voie spéciale pour tourner à gauche), le manuel ne fait pas de différence entre la capacité limite et la capacité possible évaluée à 1 500 véhicules/heure, la capacité pratique est 80% de 1 500, soit 1 200 sur 12 pieds, 1 000 sur 10 pieds.

Il résulte de l'analyse qui précède que les relations vitesse-débit de la théorie de la congestion (annexe 3.21) ne devront pas être utilisées pour des trafics dépassant 80% de la capacité, car sous leur forme de fonction continue elles ne traduisent pas la réalité, c'est-à-dire la chute marquée de la vitesse lorsque ce niveau de trafic est dépassé.

## Chapitre 4.5

### Données et recherches sur l'optimum économique sous contrainte d'équilibre budgétaire

#### Annexe 4.51 Minimisation de la perte sèche avec contrainte d'équilibre budgétaire

Les calculs économiques corrects relatifs au choix des investissements d'infrastructure prennent en compte, comme élément de la décision, deux éléments principaux: le coût de l'investissement et le bénéfice des usagers; il est assez paradoxal, à première vue, que la théorie économique s'oppose à ce qu'on adopte comme péage une quantité qui soit reliée au bénéfice de l'usager.

Un autre paradoxe au moins apparent de la théorie économique et qu'il est bien difficile de faire admettre à l'usager (dont cependant l'adhésion est de plus en plus nécessaire, puisque l'ensemble des possesseurs d'automobiles tend progressivement à se confondre avec l'ensemble des électeurs contribuables) est que la théorie économique permette de percevoir un péage pour une infrastructure sous-dimensionnée et qu'elle l'interdise si cette infrastructure est doublée par une infrastructure optimum lorsque, comme cela arrive en général, elle n'est pas saturée au moment de sa mise en service. L'administration américaine, comme on l'a vu à l'annexe 3.22.3, se fait l'écho de ces réactions et s'étonne de la règle consistant à taxer un usager lors-

qu'il subit des pertes et non quand l'infrastructure lui procure un bénéfice.

La raison est que l'application d'un péage unique, comme le veulent à la fois une certaine conception de la théorie économique et certaines considérations d'équité et aussi de possibilités matérielles de perception, conduisent à éliminer les usagers dont le bénéfice est inférieur à ce péage, d'où en théorie une perte économique liée à une sous-utilisation de l'infrastructure (allocation non optimum de la ressource «infrastructure»).

La théorie montre qu'en dehors du cas de saturation, l'optimum (maximum du surplus des usagers, minimum de perte sèche) est réalisé quand le péage pur est nul.

Le voyageur pourrait payer  $p_l$  car son bénéfice est  $\geq p_l$ ; si on lui faisait payer  $p_m$ , il y aurait équilibre et il ferait encore un bénéfice  $\geq p_l - p_m$ .

La théorie veut qu'on lui fasse payer  $p_o$ ,  $p_o$  étant le péage de coût, pour que celui qui aurait eu dans le cas précédent une perte  $p_m - p_s$  ne soit pas éliminé, moyennant quoi tous les usagers bénéficient d'une rente supplémentaire égale à la recette dont on a frustré le constructeur de la route (recette  $p_m \cdot q_m$ ).

En fait (voir annexe 4.34), les rentes sont pour la plupart transférées aux propriétaires fonciers de sorte que les locataires payeront aux propriétaires, sous forme de plus-values de loyer, des taxes fixes identiques à celles qu'ils auraient payées à titre de taxes fixes d'abonnement au transport si l'on avait appliqué à l'ouvrage routier la règle de l'équilibre budgétaire.

#### 4.51.1

Dans le cas des infrastructures à rendement décroissant ou constant, on a vu que l'équilibre budgétaire était théoriquement possible (annexe 4.16). Étudions donc le cas où il y a rendement croissant et imposons-nous en outre la condition d'équilibre budgétaire. Nous allons minimiser la perte sèche pour une recette nette donnée.

En se reportant à la figure, on voit que la recette est  $R = (p - p_o) q$ ; la variation de la recette est  $dR = (p - p_o) dq + q dp$ ; la variation de la perte sèche est  $dP = (p - p_o) dq$ .

La minimisation de la perte sèche pour une recette donnée entraîne,  $\lambda$  étant un paramètre de Lagrange, l'égalité suivante:

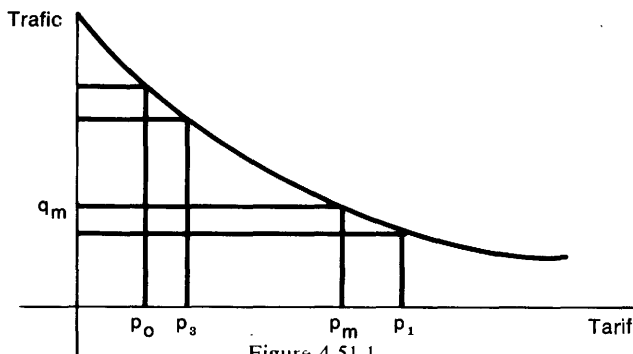


Figure 4.51.1

$$dR + \lambda dP = (1 + \lambda) (p - p_o) dq + q dp = 0$$

$$-e = (p - p_o) \frac{dq}{q dp} = \frac{-1}{1 + \lambda} \quad (1)$$

Le premier membre de l'équation ci-dessus est l'élasticité de la demande par rapport à  $p - p_o$ , c'est-à-dire par rapport au péage net.

Le cas de  $\lambda = \infty$  correspond à la perte sèche minimum (et nulle)  $e = 0$ .

Le cas de  $\lambda = 0$  correspond à la recette maximum (politique du monopoleur)  $e = +1$ .

Il n'y a aucun intérêt pour le monopoleur à se placer hors de l'intervalle 0 1 de l'élasticité puisque la recette est maximum pour  $e = +1$ .

Dans ce genre de problème, on arrive à des absurdités quand on adopte les lois de demande à élasticité constante, ce qui a jeté un discrédit immérité sur ces méthodes<sup>(1)</sup>.

S'il existe  $i$  catégories de trafic ayant des lois quelconques de demande, à condition qu'elles ne soient pas à élasticité constante, le paramètre de Lagrange étant le même pour tous les  $i$ , on a

$$\frac{p_i - p_{oi}}{q} \frac{dq}{dp} = \frac{-1}{1 + \lambda} \quad (2)$$

Mais le premier membre est l'élasticité  $e_i$  telle qu'elle a été définie plus haut. Donc, dans le cas particulier envisagé, l'optimum s'obtient en se plaçant sur chaque courbe de demande des différents trafics en des points où l'élasticité est la même.

Appliquons ce résultat à la détermination du péage optimum au cours des années successives. Il faut actualiser les pertes sèches et les recettes par l'introduction d'un coefficient d'actualisation  $1 / (1 + i)^n$ .

Dans la relation (1) les coefficients d'actualisation disparaissent; on retrouve donc la formule suivante analogue à la formule (2)

$$p_n - p_{on} = q_h \frac{dp_h}{dq_h} \frac{-1}{1 + \lambda}$$

Si les lois de demande se déduisent d'une année à l'autre entre elles par l'application d'un facteur proportionnel, ce facteur disparaît dans l'expression  $q dp / dq$ .

Si donc on suppose la congestion nulle, on voit que la perte minimum est obtenue sous la condition d'équilibre budgétaire avec péage constant (on verra à l'annexe 4.53 que ceci conduit, avec les règles européennes d'amortissement financier, à un déficit pour les premières années).

(1) Boiteux, M.: « Sur la gestion des monopoles. » *Econometrica*, janvier 1956.



On peut tirer de ce qui précède d'autres conclusions utiles:

Si l'on admet que les lois de demande ont la forme exponentielle  $e^{-\frac{p}{\mu}}$ , il semble résulter des études du tunnel de la Manche que le coefficient  $\mu$  est proportionnel au coût moyen du voyage, donc, si l'on admet qu'il en est ainsi séparément pour chaque type de véhicule, à la consommation spécifique. Il en résulterait que les péages nets optimums (ou suboptimums puisqu'il y a la condition supplémentaire d'équilibre budgétaire) seraient proportionnels à la consommation spécifique. Rappelons qu'il ne s'agit pas de péages purs qui sont nuls puisqu'on a supposé que la route n'était pas congestionnée.

#### 4.51.2

Une application importante de ce qui précède a trait au domaine fiscal. Dans ce cas  $p_i$  est le taux d'une taxe  $i$ ,  $p_{0i}$  le coût unitaire de perception,  $q_i$  la quantité de marchandise taxée,  $R$  la recette totale de toutes les taxes  $i$ ;  $P$  est la somme des pertes sèches correspondant aux niveaux  $p_i$  de ces taxes, qui ne sont évidemment pas neutres. Les résultats sont formellement les mêmes. Il y aura sous-optimum lorsque les niveaux des taxes seront tels qu'ils correspondront, sur les courbes de demande des biens taxés, à des points où les élasticité (par rapport à la taxe unitaire nette) sont égales. Nous avons appliqué ce résultat en 8.3. Il est emprunté au cours d'économie de Divisia (École des ponts et chaussées).

#### 4.51.3

On peut étendre la théorie précédente pour tenir compte de la congestion.

On voit en se reportant au paragraphe 1.41 pour la définition de  $\beta$  que les expressions de  $dP$  et  $dR$  deviennent

$$\begin{aligned} dP &= (p - p_0 - \beta) dq \\ dR &= (p - p_0) dq + q dp \\ \lambda dP + dR &= 0 \text{ donne} \\ \lambda(p - p_0 - \beta) dq + (p - p_0) dq + q dp &= 0 \\ (p - p_0)(\lambda + 1) &= \mu + \beta \lambda \end{aligned}$$

$$\text{avec } \mu = -\frac{q}{d} \frac{dp}{dq}$$

#### Annexe 4.52 Perte sèche en fonction de l'élasticité

Il est intéressant d'exprimer la perte sèche en fonction de l'élasticité. Nous supposons pour simplifier une courbe de demande rectiligne pour les élasticité comprises entre 0 et 1. Il s'agit de l'élasticité par rapport au prix net; l'approximation est en général suffisante.

L'utilité pour un péage nul est

$$\frac{q_0 p_0}{2} = U_0$$

$p_0$  péage pour un trafic nul  
 $q_0$  trafic pour un péage nul

Pour un péage  $p$  la perte sèche est

$$P_s = \frac{p^2}{p_0^2} \times \frac{p_0 q_0}{2}$$

L'élasticité (en valeur absolue) en  $p$   $q$  est

$$e = \frac{p}{q} \frac{dq}{dp}$$

$$\frac{q}{q_0} = \frac{p_0 - p}{p_0} \text{ d'où:}$$

$$e = \frac{p}{p_0 - p}$$

$$p = p_0 \frac{e}{1 + e}$$

$$P_s = \left( \frac{e}{1 + e} \right)^2 \frac{p_0 q_0}{2}$$

La perte sèche comptée relativement à l'utilité pour péage nul  $U_0$  est:

$$\left( \frac{e}{1 + e} \right)^2 = \frac{P_s}{U_0} = \frac{P_s}{U_p + P_s}$$

$U_p$  étant l'utilité pour un péage  $p$

$$\frac{U_p}{P_s} = \left( \frac{1 + e}{e} \right)^2 - 1$$

pour  $e=0,2$

$$\frac{P_s}{U_p} = \frac{e^2}{1 + 2e} \neq e^2$$

$$\frac{P_s}{U_p} = 2,9\%$$

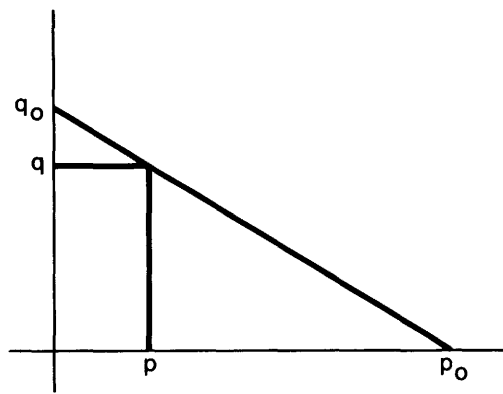


Figure 4.52

Dans le cas d'un ajustement exponentiel de la courbe de demande de la forme  $e^{-\frac{p}{\lambda}}$

on trouve pour le rapport de la perte sèche à l'utilité pour péage nul l'expression suivante:

$$\frac{P_s}{U_0} = 1 - e^{-\varepsilon} (1 + \varepsilon)$$

$$\varepsilon \text{ élasticité} = \frac{P}{\lambda}$$

L'approximation pour les valeurs faibles de  $\varepsilon$  donne dans ce cas

$$\frac{P_s}{U_0} \approx \frac{P_s}{U_p} \approx \frac{\varepsilon^2}{2}$$

c'est-à-dire une perte sèche environ moitié de celle de l'approximation linéaire. Pour  $\varepsilon = 0,2$  on a

$$\frac{P_s}{U_0} = 1,6\%$$

On voit qu'on n'est pas loin de l'optimum quand on applique des taxes ou des péages correspondant à des élasticités aussi faibles.

Les courbes de demande en  $S$  impliquant un phénomène de saturation, donc une tangente voisine de l'horizontale, conduisent à des pertes sèches encore plus faibles.

#### Annexe 4.53 Péage constant pour une suite d'ouvrages fixes se substituant à des moyens discontinus

Nous démontrons ailleurs (annexe 4.51) que l'optimum sous la condition d'équilibre budgétaire est réalisé lorsque le péage a une valeur constante au cours des années.

Une valeur constante du péage a aussi l'intérêt d'assurer la stabilité des rentes foncières créées par l'ouvrage et d'éviter les inconvénients qui se produisent lorsque, pour faire face au trafic, un deuxième ouvrage est nécessaire alors que le premier est amorti.

Nous traiterons donc le cas général d'une suite indéfinie d'ouvrages identiques construits à intervalles réguliers pour faire face à un trafic croissant arithmétiquement.

L'hypothèse d'une croissance arithmétique est en général plus réaliste que celle d'une croissance exponentielle: la courbe de croissance est en effet une courbe logistique qui, sur une très large étendue, se confond avec sa tangente d'inflexion.

Soit  $bt$  la loi de croissance du trafic, et  $t_0$  la date où la construction d'un ouvrage fixe de capacité  $S$  est rentable. Le trafic  $R = bt_0$  est le trafic de rentabilité; soit  $T$  le temps tel que  $S = bT$ .

$T$  est le temps nécessaire pour que le trafic augmente de  $S$  et atteigne  $R + S$ , donc pour qu'un second ouvrage soit rentable. Pendant la période s'écoulant entre  $T$  et  $T + t_0$ , on est obligé, l'ouvrage fixe étant saturé, soit de réutiliser les moyens discontinus préexistants, soit d'admettre un certain degré de congestion que l'on peut essayer de réduire par l'application de tarifs progressifs de pointe. Nous négligerons cette éventualité dans le calcul qui va suivre.

Nous appellerons  $n$  un nombre qui sera, soit la durée de

vie de l'ouvrage, soit l'horizon économique (fixé notamment pour tenir compte des phénomènes d'obsolescence) s'il est inférieur à cette durée.

Soit  $dh$  le coût d'un ouvrage fixe.

Le coût actualisé à la date de la construction du premier ouvrage de la suite de tous les ouvrages nécessaires pour assurer le trafic est

$$dh' = dh + \frac{dh}{(1+i)^T} + \frac{dh}{(1+i)^{2T}} + \dots = \frac{dh}{1 - \frac{1}{(1+i)^T}}$$

En tenant compte du fait que chaque ouvrage est l'origine d'une chaîne infinie d'ouvrages construits tous les  $n$  ans, la valeur de l'ensemble de ces deux suites actualisées à l'année  $t_0$  est

$$dh'' = dh' + \frac{dh'}{(1+i)^n} + \dots = \frac{dh'}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

d'où

$$dh'' = dh \frac{1}{1 - \frac{1}{(1+i)^T}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

Si  $c_h$  représente les frais de l'unité de trafic passant sur l'ouvrage fixe et  $c_t$  les mêmes frais pour les moyens discontinus, il faut pour déterminer  $t_0$ , minimiser l'expression

$$\frac{dh''}{e^{it_0}} + \int_0^{t_0} c_t bt e^{-it} dt + \int_{t_0}^{\infty} c_h bt e^{-it} dt$$

ce qui donne en dérivant

$$-idh'' e^{-it_0} + c_{t_0} bt_0 e^{-it_0} - c_{h_0} bt_0 e^{-it_0} = 0$$

$$bt_0 = R = \frac{idh''}{c_{t_0} - c_{h_0}} = \frac{idh}{c_{t_0} - c_{h_0}} \frac{1}{1 - (1+i)^{-T}} \frac{1}{1 - (1+i)^{-n}}$$

La considération d'une suite infinie d'ouvrages retarde la date d'exécution du premier.

Le péage assurant l'équilibre budgétaire est donné par

$$dh'' e^{-it_0} = \int_{t_0}^{\infty} p bt e^{-it} dt = p e^{-it_0} \frac{bt_0 + \frac{b}{i}}{i}$$

$$idh'' = p \left( bt_0 + \frac{b}{i} \right) = p \left( R + \frac{b}{i} \right)$$

$$p = \frac{idh''}{R + \frac{b}{i}} = \frac{idh''}{b} \frac{1}{t_0 + \frac{1}{i}} \quad (1)$$

Rappelons la condition déterminant  $t_0$ ;

$$R(c_{t_0} - c_{h_0}) = idh''.$$

La recette annuelle sera :

$$a = p b t = idh'' \frac{t}{t_0 + \frac{1}{i}} \quad (2)$$

Montrons, ce qui est évident, qu'il y a déficit pendant les premières années.

Considérons un péage  $p'$  donnant une recette constante  $a'$

$$p' b t = a' \quad p' = \frac{a'}{b t} \quad (3)$$

$a'$  est déterminé par la relation

$$\frac{dh''}{e^{it_0}} = \int_{t_0}^{\infty} a' e^{-it} dt = \frac{a'}{i} e^{-it_0} \quad (4)$$

$$idh'' = a' \quad p' = \frac{idh''}{b t}$$

Dans le cas précédent, l'annuité était

$$a = idh'' \frac{t}{t_0 + \frac{1}{i}}$$

à comparer avec  $a' = idh''$ .

Il y a égalité des deux annuités quand

$$\frac{t}{t_0 + \frac{1}{i}} = 1 \quad t_1 = t_0 + \frac{1}{i}$$

Si  $i = 7\%$ , il y aura donc déficit jusqu'à la quatorzième année.

Nous avons admis une croissance des trafics jusqu'à l'infini pour simplifier les calculs.

Le déficit est en réalité plus grand qu'il n'apparaît à première vue puisque dans l'expression de  $dh''$  par l'intermédiaire de  $n$  nous avons introduit l'amortissement industriel et que les durées des emprunts sont inférieures pour les travaux publics à la durée de l'amortissement industriel.

Si l'on veut se rapprocher du péage constant dont nous avons vu à l'annexe 4.51 les autres avantages, il faut donc une caisse de relais, disposant d'autres ressources que celles du péage.

Aux États-Unis, où on s'affranchit de la règle d'amortissement financier à annuités constantes, on a des conditions plus favorables qu'en Europe. Il est admis que, pendant les premières années, les recettes doivent couvrir les intérêts, mais qu'on peut différer les amortissements financiers et les faire progresser au fur et à mesure de la progression du trafic. Pour l'Indiana Turnpike, on est allé plus loin encore; l'intérêt a été servi les premières années en opérant un prélèvement sur le capital.

Ces méthodes réduisent, comme on l'a vu à l'annexe 4.51, les pertes sèches. Elles permettent, en outre, d'avancer la date de mise en œuvre des ouvrages en raison de la stimulation du trafic causée par un péage plus réduit.

Lors de l'année  $t_0$  de mise en œuvre, on a :

$$\frac{p}{p'} = \frac{a}{a'} = \frac{t_0}{t_0 + \frac{1}{i}} = \frac{it_0}{1 + it_0} = \frac{1}{1 + \frac{1}{it_0}}$$

pour  $t_0 = 30$  ans,  $i = 7\%$  :  $\frac{P}{p'} = 0,68$ .

#### Annexe 4.54 Les effets externes

La définition des effets externes est donnée au paragraphe 22.3 du rapport Allais.

«Un secteur de l'économie, tel que les transports intérieurs, engendre ce que nous conviendrons d'appeler des effets externes si, en plus de sa production principale, il produit d'autres biens ou services ou s'il occasionne des coûts dans un autre secteur.»

Parmi les coûts externes nous citerons le bruit, les gaz d'échappement. Parmi les biens ou services externes, les canalisations utilisant les chaussées, et surtout les rues des villes. Les taxes dites de voirie sont un moyen traditionnel et légitime de paiement du service rendu par l'organisme qui a réalisé l'infrastructure et elles devront être maintenues.

L'utilisation des rues et des routes pour les besoins de la défense nationale, peut être également considérée comme un effet externe.

Une proposition paradoxale a été faite en Italie à ce sujet: imputer à la défense nationale les ouvrages d'art des infrastructures routières puisque ce sont les convois militaires qui déterminent les charges maximum qu'ont à supporter les ouvrages.

L'existence des rues permet de construire des immeubles et la largeur des rues en fonction des règles du prospect en urbanisme conditionne la hauteur des immeubles, donc leur rente.

Un autre effet externe des voiries est l'accès aux propriétés riveraines (avec la seule exception des autoroutes). Cet effet justifie l'affectation aux voies en question d'une fraction de l'impôt foncier (qui est un prélèvement sur les rentes) ou d'une participation des usagers ou même, dans certains cas, une prise en charge totale par ceux-ci.

C'est une justification aussi de la pratique, qui existe notamment en France, de la remise gratuite à la ville de la voirie construite par le lotisseur et même d'une surface de terrain pouvant excéder celle de la voirie.

L'imputation des coûts d'infrastructure à ceux qui bénéficient d'effets externes se fera en général comme dans le cas précédent en récupérant une partie des rentes externes produites.

La théorie des programmes mathématiques et en particulier celle des programmes linéaires permettra, comme nous le montrons aux annexes 4.11, 4.32 et 4.34 dans un cas un peu différent, de calculer ces rentes par dualité.

La dualité permet aussi de déterminer de la même manière les rentes négatives produites par des contraintes artificielles telles que la décision d'une administration ou d'un organisme de planification des investissements d'avancer ou de retarder la date de construction d'une infrastructure par rapport à sa date optimum de mise en œuvre, ou la fixation d'un plafond de l'investissement, ou celle du service des beaux-arts d'interdire l'implantation d'un viaduc à moins d'une certaine distance d'un monument historique. Il n'y a aucune raison de faire retomber sur les usagers la charge financière correspondant à ces décisions arbitraires qui doivent retomber sur le budget général de l'organisme qui est responsable de la décision en cause. La théorie que nous venons d'évoquer justifie donc dans certains cas des subventions en même temps qu'elle permet de les calculer.

On pourrait traiter de la même façon le problème des erreurs de conception technique ou d'urbanisme.

C'est en vertu de ces principes que nous nous élevons dans ce rapport contre l'application aux usagers de taxes de congestion calculées en fonction d'un système défectueux de voirie résultant soit d'une conception erronée de l'urbanisme soit de goulots d'étranglement financiers.

Les auteurs du rapport Allais excluent la possibilité d'imputer au budget de la défense nationale le service rendu à celle-ci par les routes parce qu'il n'existe pas de méthode objective de procéder à cette imputation. Nous ne partageons pas entièrement cette opinion. Par ailleurs, il existe des méthodes conventionnelles acceptables telles que celle de l'« incremental cost » pour traiter le problème des ouvrages d'art évoqués plus haut. Enfin, il n'est pas exclu de faire payer des péages aux véhicules militaires et notamment des péages de coût élevés dans le cas de véhicules dégradant la chaussée.

Le fait de facturer des coûts aux services de défense

nationale pourrait servir à infléchir certaines de leurs décisions dans le sens d'une meilleure allocation des ressources.

## Chapitre 8

### Annexe 8.22 Problèmes relatifs à la détermination de la taxe sur le diesel

#### 1° Application des méthodes de calcul étudiées

Nous comparons ci-après les deux méthodes de calcul de la taxe sur le diesel dont les principes sont exposés au chapitre 8.2.

Considérons, pour fixer les idées, le cas de la taxe sur l'essence à 0,35 F/l. Si  $C_e$  est la consommation annuelle du camion du tonnage considéré en essence,  $C_d$  la consommation en diesel du camion de même tonnage,  $x$  le taux de la taxe diesel résultant de la deuxième méthode (page 97),  $H_e$  le coût d'utilisation total annual hors taxes spécifiques sur les carburants du camion essence du tonnage considéré,  $H_d$  le même coût total hors taxes pour le camion diesel de même tonnage,  $y$  la taxe diesel calculée suivant la première méthode, on a :

$$C_e \cdot 0,35 = C_d \cdot x$$

$$\text{D'où: } x = \frac{C_e \cdot 0,35}{C_d}$$

$$\text{D'autre part, } y = \frac{H_e + C_e \cdot 0,35 - H_d}{C_d}$$

$$\text{ou } y = x + \frac{H_e - H_d}{C_d}$$

On voit donc que les deux méthodes donnent le même résultat lorsque  $H_e = H_d$ , c'est-à-dire lorsqu'il y a indifférence hors taxes.

La valeur  $y = x$  déterminée pour ce camion particulier

	Diesel		Essence	
	3 t C.U.	5 t C.U.	3 t C.U.	5 t C.U.
Charges fixes annuelles (amortissement + assurances, T.I.) et salaires	15 740	18 720	15 240	18 008
Dépenses kilométriques aux 100 km (sauf carburant)	14,8	22,5	14,0	20,3
Dépenses annuelles (sauf carburant) parcours annuel: 10 000 km pour 3 t de C.U. et 17 000 km pour 5 t de C.U.	17 220	22 540	16 640	21 458
Consommation annuelle totale, en litres	2 340	4 220	3 270	6 300
Prix de revient à la production du carburant	515	925	720	1 390
Total coût d'utilisation annuel hors taxes sur les carburants	17 737	23 465	17 360	22 848
Total coût d'utilisation annuel avec taxe de 20 c/l sur l'essence			18 015	24 108
Total coût d'utilisation annuel avec taxe de 35 c/l sur l'essence			18 505	25 048

États	Taxe (cents par gallon)	États	Taxe (cents par gallon)
Alabama	7	Missouri	5
Alaska	8	Montana	6.5 (9)
Arizona	7	Nebraska	7.5
Arkansas	7.5 (8.5)	Nevada	6
California	7	New-Hampshire	7
Colorado	6	New-Jersey	7
Connecticut	7	New-Mexico	7
Delaware	7	New-York	7 (9)
Florida	7	North-Carolina	7
Georgia	6.5	North-Dakota	6
Hawai	5	Ohio	7
Idaho	7	Oklahoma	6.5
Illinois	6	Oregon	7
Indiana	6	Pennsylvania	7
Iowa	7 (8)	Rhode-Island	8
Kansas	5 (7)	South-Carolina	7
Kentucky	7	South-Dakota	6 (7)
Louisiana	7	Tennessee	7 (8)
Maine	7	Texas	5 (6.5)
Maryland	7	Utah	6
Massachusetts	6.5	Vermont	8 (0)
Michigan	7	Virginia	7
Minnesota	7	Washington	9
Mississippi	7 (10)	West-Virginia	7
		Wisconsin	7
		Wyoming	6 (7)
		District of Columbia	7

sera telle qu'il y aura également indifférence taxes comprises.

D'après le tableau de la page précédente, pour le camion de 3 tonnes, hors taxes l'essence est préférable au diesel.

Il en est de même pour le camion de 5 tonnes.

Il résulte de ces données que le camion limite hors taxes est supérieur à 5 tonnes. Cependant, pour que le calcul soit absolument correct, on devrait déduire seulement la partie de la taxe sur les carburants qui est hors du droit commun, et non la totalité de la taxe comme on l'a fait.

C'est la raison pour laquelle, dans l'attente de calculs plus élaborés, nous proposons une taxe sur le diesel de 50 centimes, alors que les calculs précédents conduiraient à une taxe supérieure à 52,15 centimes.

La deuxième méthode présente l'intérêt que les résultats sont moins sensibles au choix du camion marginal. Elle est aussi plus logique puisqu'elle conduit à faire varier le taux de la taxe en sens inverse de la consommation spécifique et à faire supporter ainsi à un camion la même taxe au kilomètre qu'il utilise l'essence ou le diesel. La taxe sur le diesel doit donc être plus élevée que la taxe sur l'essence.

## 2° Situation aux États-Unis et enseignements à en tirer

Il paraît intéressant d'examiner la situation américaine et d'essayer d'en tirer quelques enseignements quant aux conséquences éventuelles d'une modification de la situation européenne dans le sens résultant des calculs du point précédent.

La taxe fédérale de 4 cents par gallon est actuellement la même pour le diesel et pour l'essence. Il en est de même dans la plupart des États, à l'exception de dix États, où la taxe sur le diesel est plus forte, et d'un seul (le Vermont) où elle est nulle.

Le tableau figurant ci-dessus indique la situation des taxes d'État en novembre 1968. Lorsque la taxe sur le diesel est différente de la taxe essence, elle figure entre parenthèses.

D'après le tableau de la page 162 le rapport  $\frac{\text{consommation essence}}{\text{consommation diesel}}$  serait de 1,4 pour le camion de 3 tonnes et de 1,49 pour le camion de 5 tonnes.

Nous reproduisons ci-dessous le tableau IV.D.1 du document publié par le département du commerce

Poids brut (en milliers de livres)

: 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85

Rapport consommation essence à consommation diesel

: 1,39-1,42-1,44-1,48-1,50-1,52-1,55-1,57-1,59-1,62-1,63-1,65-1,66

américain<sup>(1)</sup> qui indique ce rapport pour différents tonnages de camions aux États-Unis.

Il y a d'ailleurs une contradiction entre le chiffre donné par le tableau précédent pour le véhicule de 55 000 lbs, qui est de 1,55, et celui du tableau IV.A.5, qui serait de 1,37 seulement.

Aux États-Unis, les services fédéraux proposent de relever la taxe sur le diesel de 4 à 6 cents, ce qui porterait le rapport  $\frac{\text{taxe sur le diesel}}{\text{taxe sur l'essence}}$  à 1,5.

Le tableau suivant résume un certain nombre de coefficients caractéristiques tirés des sources précédentes.

Poids brut	3 t	5 t	25 000 lbs	30/35 000 lbs	55 000 lbs	taxe sur le diesel de 6 c.
Coefficient	1,4	1,49	1,39	1,43	1,55-1,37	1,5 $\left(\frac{6}{4}\right)$
Taxes (en centimes)	49	52,15	48,65	50	54,25-47,95	52,5

Le coefficient américain donnerait une taxe sur le diesel de 52,5 centimes pour une taxe sur l'essence de 35 centimes. Ceci correspondrait à un camion limite légèrement supérieur à 5 t.

### 3° Composition du parc aux États-Unis et en Allemagne

Ces statistiques sont intéressantes car, aux États-Unis, la taxe sur le diesel est égale ou supérieure à la taxe sur l'essence. En Allemagne, elle y est légèrement inférieure.

Aux États-Unis en 1966 il y avait 365 000 camions diesel sur un total de 15 500 000. Une statistique plus détaillée de 1965 indique cependant une proportion notable de véhicules diesel si l'on considère seulement les gros camions avec remorque.

	véhicules affectés au transport pour compte propre		véhicules affectés au transport public	
	essence	diesel	essence	diesel
semi-remorque 4 essieux	162 402	34 949	167 589	68 913
semi-remorque 5 essieux	20 003	18 304	19 426	41 347
remorque complète 5 essieux	8 155	6 560	5 389	17 260
remorque complète 6 essieux et +	944	817	885	3 129
avec remorque et semi-remorque	7 300	2 796	8 768	12 018

Dans plusieurs des catégories énumérées ci-dessus on voit que les diesel sont plus nombreux que les engins à essence, mais il s'agit d'une très faible proportion du total.

(1) U.S. Department of Commerce: « Highway Cost Allocation » (Supplementary Report). U.S. Government Printing Office.

Les données concernant l'Allemagne sont reproduites dans le tableau suivant:

Camions  
(Situation au 1.7.1968)

Total	jusq. 1	1 à 2 t	2 à 3 t	3 à 4 t	4 t
essence 434 392	243 353	181 894	8 242	964	339
diesel 458 114	2 918	109 628	54 855	32 803	207 910

En Allemagne le camion limite se situe vers 2 tonnes bien que les taxes sur l'essence et sur le diesel soient assez peu différentes.

Aux États-Unis le seuil se situe au-delà des plus lourds camions, dans la catégorie des convois, malgré un rapport de taxe à peine plus favorable à l'essence.

L'exemple de l'Allemagne semble montrer qu'en portant la taxe sur le gasoil en Europe à un taux supérieur à celui de la taxe sur l'essence, on ne provoque pas un bouleversement de la répartition des tonnages comme l'exemple des États-Unis le laisse croire — et ceci pour les raisons que nous avons indiquées dans les conclusions du chapitre 8.2.

Il est néanmoins recommandé de ménager des transitions.

Un tableau plus complet contenant en particulier les chiffres précédents est reproduit ci-après.

### 4° Taxation et parcours annuels des véhicules

Les calculs d'où résulte le tableau 7 ont été faits en tenant compte pour chaque catégorie de camion du parcours annuel moyen tel qu'il résulte des statistiques françaises.

Or, dans certains autres pays de la Communauté, notamment en Allemagne, les parcours kilométriques sont beaucoup plus importants. Il y a lieu d'examiner l'incidence de cette différence de kilométrage sur les calculs.

1° En ce qui concerne le taux de la taxe sur le diesel avec la méthode que nous avons utilisée, l'incidence du kilométrage est nulle.

En effet, le taux est déterminé en fonction des consommations spécifiques gasoil et essence.

2° En ce qui concerne la taxe annuelle forfaitaire à appliquer aux véhicules, la taxe diesel conduisant en général, comme le montre le tableau suivant qui rappelle certains chiffres tirés du tableau 6 et

Parc de véhicules à moteur en 1964 par silhouette, classe d'utilisation et type de carburant pour les 48 États et le district de Columbia

Type de véhicule	Véhicules affectés au transport						Véhicules des administrations						Total tous véhicules
	pour compte propre			public			États, comtés et municipalités			État fédéral			
	Essence	Diesel	Total	Essence	Diesel	Total	Essence	Diesel	Total	civils tous combustibles	militaires tous combustibles	Total	
Automobiles	68 182 840		68 182 840			68 182 840	281 906		281 906	29 594	26 030	337 530	68 520 370
Autobus:													
— Transit				15 537	37 855	53 392							53 392
— De ville à ville				3 844	15 415	19 259							19 259
— Écoles et divers	48 818	226	49 044	20 400	371	49 775	133 804	152	133 956	931	5 500	140 387	210 202
Total autobus	48 818	226	49 044	39 871	53 641	93 515	133 804	152	133 956	931	5 500	140 387	282 853
Camions et Convois:													
— camions ordinaires:													
2 essieux, 4 pneus	7 700 326	1 827	9 527	267 838	222	9 794 385	196 540	429	197 000	70 641	42 000	309 610	8 279 823
2 essieux, 6 pneus	3 174 794	4 405	3 179 199	413 660	2 410	3 592 859	272 255	837	273 092	15 935	15 300	304 327	3 899 596
3 essieux	163 231	10 530	173 761	42 999	5 462	179 221	7 555	231	7 786	3 864	5 100	16 750	238 972
Total camions ordinaires	11 038 351	16 762	11 055 113	724 497	8 094	11 779 704	476 350	1 497	477 847	90 440	62 400	630 687	12 418 391
Convois:													
— avec semi-remorque:													
3 essieux (2-S1)	150 840	5 581	156 421	111 676	8 213	119 889	2 662	71	2 733	1 261	3 600	7 594	283 904
4 essieux (2-S2)	162 402	34 949	197 351	167 589	68 913	236 502	2 377	145	2 522		2 000	4 522	438 375
5 essieux et plus	20 003	18 304	38 307	19 426	41 347	60 773	721	303	60 470		2 700	3 724	102 804
— avec remorque proprement dite:													
3 essieux (2-1)	8 508	56	8 564	2 695	92	8 656	681		9 337			681	12 032
4 essieux (2-2)	20 509	835	21 344	4 863	633	26 840	1 700		28 540			1 700	28 540
5 essieux (2-3, 3-2)	8 155	6 500	14 655	5 389	17 260	21 914	147		22 101			147	37 511
6 essieux et plus	944	817	1 761	885	3 125	4 010	8		4 018			8	5 779
avec remorque proprement dite et semi-rem.	7 300	2 796	10 096	8 768	12 018	20 786			20 786				30 882
Total convois	378 661	69 898	448 559	321 291	151 601	472 892	8 296	519	473 411	1 261	8 300	18 376	939 827
Total camions et convois	11 417 012	86 660	11 503 672	1 045 788	159 695	12 709 155	484 646	2 016	13 193 801	91 701	70 700	649 063	13 358 218
Total tous véhicules	79 648 670	86 886	80 517 556	1 085 569	213 336	81 034 461	900 356	2 168	81 934 817	122 226	102 230	1 126 980	82 161 441
Distribution en pourcentage	96,94	0,11	97,05	1,32	0,26	98,63	1,10	(,0026)	99,73	0,15	0,12	1,37	100,00

Source: Highway Cost Allocation Study.

Silhouette	P.T.C.	Péage de coût annuel par véhicule	Taxe annuelle sur le diesel 50 centimes par litre	Taxe sur le diesel supérieure au péage de coût
1	12	700	2 020	oui
	13	970	2 020	oui
	14	1 260	2 020	oui
	15	1 700	2 020	oui
	16	2 280	3 940	oui
	17	2 900	3 940	oui
	18	3 240	3 940	oui
2	19	4 500	3 940	non
	26	2 800	4 720	oui
	21			
	22			
	23	2 400	3 940	oui
	24			
3	25			
	26			
	27			
	28	5 200	4 720	non
	29			
4	30			
	31	8 000	8 400	oui
	32	9 100	8 400	non
7	35	4 400	8 400	oui
	35	5 700	8 400	oui

du tableau 7, à une charge kilométrique supérieure au péage de coût, la taxe annuelle à appliquer à un véhicule sera d'autant plus faible qu'il effectuera un parcours annuel plus important.

Le fait même de l'application d'une taxe forfaitaire est une incitation pour les possesseurs de camions à les utiliser au maximum, donc à augmenter dans toute la mesure du possible le parcours annuel.

Cet accroissement est d'ailleurs sain car il conduit à une meilleure utilisation d'un parc de camions donné. Le fait que la taxe annuelle sera plus faible dans les pays à parcours annuel élevé est une deuxième incitation à augmenter les parcours annuels.

Il résulte de ceci les deux conséquences suivantes :

1. Il sera tenu compte des différences de parcours annuel d'un pays à l'autre en variant la taxe annuelle forfaitaire.
2. L'existence d'une taxe annuelle forfaitaire ainsi que la diminution de celle-ci avec le nombre de kilomètres incitera les transporteurs des différents pays à augmenter le parcours kilométrique annuel de leurs camions.

Cette incitation étant la même dans tous les pays, il y aura une tendance à l'uniformisation des parcours kilométriques, de sorte qu'à la longue on peut penser que les taxes forfaitaires s'uniformiseront.

L'essentiel est que la taxe sur le gasoil, qui joue le rôle d'une taxe marginale, soit uniformisée.

On remarquera que du fait que la taxe sur le gasoil est

en général supérieure au péage de coût, l'idée d'une taxe sur les pneus est à rejeter pour le taux que nous avons retenu.

En effet, cette taxe sur les pneus (qui aurait, comme la taxe sur le diesel, le caractère d'une taxe kilométrique puisque le pneu s'use en fonction du kilométrage) s'ajouterait à une taxe sur le gasoil en général déjà trop élevée quand on la compare au péage de coût.

#### *Taxes sur l'essence et sur le gasoil* (situation au 1.1.1969)

*Dollars par tonne*

	Essence	Gasoil	Essence Gasoil
Allemagne	121,00	96,99	1,25
Belgique	147,60	51,81	2,85
France	168,77	81,74	2,06
Italie	213,00	86,40	2,46
Luxembourg	135,20	27,71	4,88
Pays-Bas	129,40	14,65	8,84

#### **Annexe 8.4 Transports pour compte propre**

Le tableau ci-dessous montre que pour la France, les véhicules affectés aux transports pour compte propre sont sous-utilisés, le kilométrage annuel parcouru par



	Nombre de véhicules	Kilomètres par véhicule par an
Utilitaires privés	734 700	9 600
Utilitaires publics	112 900	30 000
Voitures	8 900 000	9 770
Autocars ruraux	25 130	26 500

Source: Annuaire statistique du ministère de l'équipement.

camion étant le tiers environ de celui des transporteurs publics. Les renseignements sont relatifs à l'année 1964.

On est à n'en pas douter très éloigné dans ce cas de l'utilisation optimum des ressources. C'est, sans doute, parce que cette activité étant une activité secondaire et représentant des investissements très inférieurs à ceux de l'activité principale, les calculs de prix de revient sont faits parfois sans tenir compte des dépenses autres que des dépenses de fonctionnement; de plus les prescriptions fiscales en matière d'amortissement jouent dans le même sens.

Il n'est pas question, bien entendu, de sous-estimer l'intérêt des transports pour compte propre; il y a des cas où le fabricant veut légitimement contrôler lui-même toutes les opérations de transport quand il s'agit de manipulations délicates; il est, d'autre part, normal que le transporteur pour compte propre dispose d'une surcapacité afin de pouvoir faire face à certains problèmes urgents.

Sous ces réserves, une exploitation correcte pour un transporteur pour compte propre devrait se rapprocher d'un système consistant à faire fonctionner son parc propre à capacité et s'adresser, lorsque les besoins dépassent cette capacité, notamment pour les pointes de trafic, à des transporteurs publics.

C'est ce qui se passe pour les transports maritimes de pétrole, notamment. Le système de location permet d'ailleurs de conserver une grande partie des avantages du transport pour compte propre tout en obtenant une meilleure utilisation du matériel roulant.

Nous nous écartons de l'opinion énoncée dans le rapport Allais à ce sujet; nous pensons que tant que cette situation ne sera pas assainie, il serait dangereux de favoriser les transports pour compte propre en les autorisant à faire des transports publics.

Leur matériel ne fonctionnant pas à capacité la tendance évidente serait de faire des transports au coût marginal, donc de fausser la concurrence.

Il y a là une situation analogue à celle de la concurrence voiture-taxi que nous évoquons à l'annexe 4.35.

Des mesures analogues sont à prendre pour réduire les inconvénients économiques résultant de cette surcapacité. Les licences pour compte propre ne devront pas être fixées, pour les pays où la situation est la même qu'en France, à un taux inférieur à celui appliqué aux transports publics.

# ÉTUDES

parues à ce jour dans la série «Transports»<sup>(1)</sup>

8146 \* – N° 1

Options de la politique tarifaire dans les transports 1965, 205 p. (f, d, i, n, e), FF 20, – ; FB 200, –

---

<sup>(1)</sup> Les signes abrégatifs f, d, i, n et e indiquent les langues dans lesquelles les textes ont été publiés (français, allemand, italien, néerlandais et anglais).

# BUREAUX DE VENTE

## FRANCE

*Service de vente en France des publications  
des Communautés européennes*  
26, rue Desaix  
75 Paris-15<sup>e</sup>  
CCP Paris 23-96

## BELGIQUE – BELGIË

*Moniteur belge – Belgisch Staatsblad*  
40-42, rue de Louvain – Leuvenseweg 40-42  
1000 Bruxelles – 1000 Brussel  
CCP 50-80 – Postgiro 50-80

*Sous-dépôt :*  
Librairie européenne – Europese Boekhandel  
244, rue de la Loi – Wetstraat 244  
1040 Bruxelles – 1040 Brussel

## GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG

*Office des publications officielles  
des Communautés européennes*  
Case postale 1003  
Luxembourg 1  
CCP 191-90  
Compte courant bancaire : BIL R 101/6830

## ALLEMAGNE (RF)

*Verlag Bundesanzeiger*  
5000 Köln 1 – Postfach 108006  
(Fernschreiber: Anzeiger Bonn 08 882 595)  
Postscheckkonto 834 00 Köln

## ITALIE

*Libreria dello Stato*  
Piazza G. Verdi 10  
00198 Roma  
CCP 1/2640

*Agences :*  
00187 Roma – Via del Tritone 61/A e 61/B  
00187 Roma – Via XX Settembre (Palazzo  
Ministero delle finanze)  
20121 Milano – Galleria Vittorio Emanuele 3  
80121 Napoli – Via Chiaia 5  
50129 Firenze – Via Cavour 46/R  
16121 Genova – Via XII Ottobre 172  
40125 Bologna – Strada Maggiore 23/A

## PAYS-BAS

*Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf*  
Christoffel Plantijnstraat  
's-Gravenhage  
Giro 425 300

## GRANDE-BRETAGNE ET COMMONWEALTH

*H.M. Stationery Office*  
P.O. Box 569  
London S.E. 1

## ETATS-UNIS D'AMERIQUE

*European Community Information Service*  
2100 M Street, N.W.  
Suite 707  
Washington, D.C., 20037

## IRLANDE

*Stationery Office*  
Beggar's Bush  
Dublin 4

## SUISSE

*Librairie Payot*  
6, rue Grenus  
1211 Genève  
CCP 12-236 Genève

## SUEDE

*Librairie C.E. Fritze*  
2, Fredsgatan  
Stockholm 16  
Post Giro 193, Bank Giro 73/4015

## ESPAGNE

*Libreria Mundi-Prensa*  
Castello, 37  
Madrid 1  
Bancos de Bilbao, Hispano Americano  
Central y Español de Crédito

## AUTRES PAYS

*Office des publications officielles  
des Communautés européennes*  
Case postale 1003  
Luxembourg 1  
CCP 191-90  
Compte courant bancaire : BIL R 101/6830

OFFICE DES PUBLICATIONS OFFICIELLES DES COMMUNAUTES EUROPEENNES - LUXEMBOURG  
8255

---

FF 28,-	FB 250,-	DM 18,30	Lit. 3120	Fl. 18,-	£2.1.6	\$5.00
---------	----------	----------	-----------	----------	--------	--------

---

5 267/2/XII/1970/5