

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

SEC(69) 700 final

Bruxelles, le 12 mars 1969

RAPPORT

SUR L'ÉTUDE PRÉVUE PAR L'ARTICLE 3
DE LA DÉCISION DU CONSEIL 65/270/CEE

DU 13 MAI 1965

(présenté par la Commission au Conseil)

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

SEC(69) 700 final

Bruxelles, le 12 mars 1969

RAPPORT

SUR L'ÉTUDE PRÉVUE PAR L'ARTICLE 3
DE LA DÉCISION DU CONSEIL 65/270/CEE
DU 13 MAI 1965

(présenté par la Commission au Conseil)

T A B L E D E S M A T I E R E S

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	XIV
RÉSUMÉ DU RAPPORT	XXI
REMARQUES FINALES	LXXVI
<u>PREMIÈRE PARTIE - LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ETUDE</u>	
<u>CHAPITRE 10 - DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE - DONNEES DE GEOGRAPHIE HUMAINE ET ECONOMIQUE</u>	
10.0 - Délimitation de la zone d'étude	3
10.1 - Données sur la population	6
10.2 - Données sur l'agriculture	8
10.3 - Données d'économie industrielle	9
<u>CHAPITRE 11 - DESCRIPTION TECHNIQUE DES INFRASTRUCTURES</u>	
11.0 - Lignes de chemin de fer	13
11.00 - Ligne Paris - Le Havre	13
11.01 - Lignes Elbeuf - Cissel et Bréauté - Notre-Dame-de-Gravenchon	19
11.1 - Routes	21
11.2 - Voies navigables	24
11.20 - La Seine	24
11.21 - Le Canal de Tancarville	28
11.3 - Oléoducs	32
11.4 - Les ports de Rouen et du Havre	32
11.40 - Le port de Rouen	32
11.41 - Le port du Havre	34

CHAPITRE 12 - DONNEES SUR LES TRAFICS

12.0 - Chemin de fer	37
12.1 - Route	40
12.2 - Voie navigable	44
12.3 - Oléoducs	48
12.4 - Le port de Rouen	49
12.5 - Répartition du trafic entre modes de transport	50

DEUXIEME PARTIE - DEFINITION DES SOLUTIONS EN MATIERE DE
TARIFICATION DE L'USAGE DES INFRASTRUC-
TURES OU D'IMPUTATION DE LEURS COÛTS

52

CHAPITRE 20 - LE SYSTEME DES COÛTS MARGINAUX SOCIAUX

20.0 - Principes de base	56
20.1 - Le coût marginal d'usage	59
20.10 - Généralités	59
20.11 - Le problème particulier du coût marginal de renouvellement	62
20.12 - Le coût marginal d'usage des infrastructures ferroviaires	63
20.13 - Le coût marginal d'usage des infrastructures routières	68
20.14 - Le coût marginal d'usage des infrastructures de navigation intérieure	77
20.2 - Le coût marginal de congestion	83
20.20 - Généralités	83
20.21 - Le coût marginal de congestion des transports par chemin de fer	84
20.22 - Le coût marginal de congestion des transports par route	88
20.23 - Le coût marginal de congestion des transports par voie navigable	90
20.3 - Le coût marginal externe	93

CHAPITRE 21 - LE SYSTEME DES PEAGES ECONOMIQUES

21.0 - Principes de base	95
21.1 - Le péage pur	97
21.10 - Considérations générales	97
21.11 - Chemin de fer	99
21.12 - Route	100
21.13 - Voie navigable	104

IV

Pages

CHAPITRE 22 -- LE SYSTEME DE L'EQUILIBRE BUDGETAIRE

22.0 - Principes de base	107
22.1 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt	108
22.2 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt	109
22.3 - Problèmes communs aux diverses variantes	110
22.30 - Répartition du déficit éventuel	110
22.31 - Différenciation des tarifs et péréquation dans l'espace	112

CHAPITRE 23 - LE SYSTEME DU COUT TOTAL (OU COUT ECONOMIQUE COMPLET)

23.0 - Principes de base et portée du système	113
23.1 - Détermination du coût total des infrastructures	115
23.10 - Coûts de capital	115
23.10.0 - Détermination de la valeur	116
23.10.1 - Détermination de la durée d'utilisation (ou durée de vie économique) des installations	118
23.10.2 - Taux d'intérêt	119
23.10.3 - Choix de la formule d'amortissement	120
23.10.4 - Séparation des charges d'amortissement et d'intérêt	121
23.10.5 - Méthodes d'inventaire des infrastructures	122
23.11 - Coûts d'entretien	123
23.12 - Coûts de fonctionnement et frais généraux d'administration	124
23.13 - Dispositions particulières relatives aux agglomérations	124
23.2 - Détermination de la part du coût total imputable à la fonction de transport et à chacun des modes de transport intéressés	125
23.20 - Fonctions des infrastructures étrangères au transport	125
23.21 - Répartition des coûts entre différentes fonctions de l'infrastructure	126
23.22 - Répartition des coûts des ouvrages de croisement	128
23.23 - Répartition des coûts des routes entre le trafic motorisé et le reste du trafic	130

.../...

23.3 - Détermination des coûts imputables à chaque catégorie de circulation	132
23.30 - Distinction entre coûts d'usage et coûts de capacité	132
23.31 - Répartition des coûts de capacité entre catégories de circulation	133
23.31.0 - Principes généraux	133
23.31.1 - Chemin de fer	135
23.31.2 - Route	145
23.31.20 - Principes généraux	145
23.31.21 - Calcul des coefficients d'équivalence	145
23.31.22 - Répartition des coûts entre périodes de temps	146
23.31.3 - Voie navigable	151

TROISIEME PARTIE - ETUDE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT
DE PERSONNES ET DE MARCHANDISES

153

CHAPITRE 30 - DEMANDE DE TRANSPORT DE PERSONNES

30.0 - Objet de l'étude et méthode d'approche	155
30.1 - Comportement de voyage des individus et forme du modèle de trafic de zone à zone	159
30.10 - La décision instantanée : probabilité de faire un voyage	159
30.11 - Agrégation des choix élémentaires dans le temps : fréquence d'un voyage	167
30.12 - Agrégation spatiale des fréquences de voyage : trafic de zone à zone	168
30.13 - Modèle simplifié pour l'étude des élasticités aux conditions de transport	169
30.2 - Spécification du modèle	170
30.20 - Mode de transport associé à une destination	170
30.21 - Fréquence de voyage	174
30.21.0 - Variables intermédiaires entrant dans l'explication de la fréquence	174
30.21.1 - Explication de la fréquence d'un voyage	177
30.22 - Calcul des constantes α_{ij}^{km}	180
30.3 - Résultats et commentaires	182
30.30 - Les élasticités	183
30.31 - Valeur du temps	184
30.31.0 - Méthode de calcul	184
30.31.1 - Résultats	186
30.32 - Coefficients d'attraction	187

VII

Pages

CHAPITRE 31 - DEMANDE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES

31.0 - Présentation de l'étude	191
31.00 - Champ de l'étude et hypothèses de base	191
31.01 - Définition du coût de transport	192
31.02 - Phases de l'étude	193
31.1 - L'enquête	194
31.10 - Objet et organisation de l'enquête	194
31.11 - Résultats	196
31.11.0 - Aspects généraux	196
31.11.1 - Analyse des facteurs de choix et typologie des produits	198
31.11.2 - Nécessité de rechercher une base statistique	199
31.2 - Modèles de demande et base statistique	206
31.20 - Le cadre théorique	206
31.20.0 - Problèmes généraux posés par l'ajustement des modèles	206
31.20.00 - Mise en relation de catégories homogènes de transport (identification des modes)	206
31.20.01 - Les variables explicatives possibles	206
31.20.02 - Niveau d'agrégation des données statistiques	208
31.20.03 - Collinéarité entre variables explicatives	208
31.20.1 - Les modèles de demande	209
31.21 - La base statistique	212
31.21.0 - Généralités	212
31.21.1 - Les données	213
31.21.10 - Modes de transport considérés	213
31.21.11 - Catégories de produits	214
31.21.12 - Découpage géographique	214
31.21.2 - Le tableau trimodal	214
31.21.20 - Définition	214
31.21.21 - Lexique des termes utilisés	216

VIII

	<u>Pages</u>
31.3 - Analyse des facteurs de choix du mode et recherche statistique des paramètres	218
31.30 - Transports lourds	218
31.30.0 - Méthode utilisée	218
31.30.00 - Examen de la captivité et de la bimodalité des trafics	218
31.30.01 - Etude microéconomique	219
31.30.1 - Résultats	221
31.30.10 - Caractères généraux du trafic lourd	221
31.30.11 - Examen de chaque catégorie de trafic	222
31.30.12 - Analyse des facteurs de choix du mode de transport et résultats de l'application du modèle	223
31.31 - Transports légers	229
31.31.0 - Méthode utilisée	229
31.31.1 - Forme des modèles ayant servi à l'ajustement	230
31.31.2 - Données servant à l'ajustement des modèles	230
31.31.20 - Relations bimodales	230
31.31.21 - Coût du transport principal sur les relations bimodales pour chaque mode concurrent	231
31.31.22 - Coût des charges terminales	231
31.31.23 - Durée de transport sur les relations bimodales pour chaque mode concurrent	232
31.31.24 - Conditions de tonnage	232
31.31.25 - Conditions d'embranchement	232
31.31.26 - Urgence	233
31.31.3 - Niveau d'agrégation des données retenues pour l'ajustement des modèles	233
31.31.30 - Les positions NST	233
31.31.31 - Coût de transport	233
31.31.32 - Conditions de tonnage	233
31.31.33 - Conditions d'embranchement	234
31.31.4 - Critères de sélection des résultats du calcul	234

IX

	<u>Pages</u>
31.32 - Résultats	235
31.32.0 - Caractères généraux des transports légers	235
31.32.1 - Analyse des modèles	235
31.32.10 - Présentation des résultats	235
31.32.11 - Aperçu général	237
31.32.12 - Les paramètres des modèles	239
31.4 - Conclusions	243
31.40 - Transports lourds	243
31.40.0 - Facteurs de choix du mode	243
31.40.1 - Modèles retenus	243
31.40.2 - Généralisation des résultats	244
31.41 - Transports légers	244
31.41.0 - Facteurs de choix du mode	244
31.41.1 - Modèles retenus	244
31.41.2 - Généralisation des résultats	245

QUATRIEME PARTIE - CALCUL DES COUTS ET DETERMINATION
DES TARIFS D'OFFRE

CHAPITRE 40 - ORGANISATION GENERALE DES CALCULS -
RECUEIL ET TRAITEMENT DES DONNEES DE BASE

40.0 - Période de référence	247
40.1 - Décomposition des réseaux	247
40.2 - Application des divers systèmes	249
40.3 - Distinction entre catégories de circulation	250
40.4 - Rassemblement des données de coûts	252
40.40 - Données "infrastructure"	252
40.41 - Autres données	254
40.5 - Rassemblement des données sur le trafic	254
40.50 - Chemin de fer	254
40.51 - Route	256
40.52 - Voie navigable	263

CHAPITRE 41 - SYSTEME DES COUTS MARGINAUX SOCIAUX

41.0 - Chemin de fer	267
41.00 - Coût marginal d'usage	267
41.01 - Coût marginal de congestion	269
41.02 - Résultats d'ensemble	272
41.02.0 - Coûts marginaux sociaux unitaires	272
41.02.1 - Montants annuels des coûts marginaux sociaux	272
41.1 - Route	275
41.10 - Coût marginal d'usage	275
41.11 - Coût marginal de congestion	288
41.12 - Coût marginal d'accident	290
41.13 - Résultats d'ensemble	291
41.13.0 - Coûts marginaux sociaux unitaires	291
41.13.1 - Montants annuels des coûts marginaux sociaux	291

XI

	<u>Pages</u>
41.2 - Voie navigable	300
41.20 - Coût marginal d'usage	300
41.21 - Coût marginal de congestion	303
41.22 - Résultats d'ensemble	311
41.22.0 - Coûts marginaux sociaux unitaires	311
41.22.1 - Montants annuels des coûts marginaux sociaux	311
 <u>CHAPITRE 42 - SYSTEME DES PEAGES ECONOMIQUES</u> 	
42.0 - Chemin de fer	315
42.1 - Route	316
42.2 - Voie navigable	321
 <u>CHAPITRE 43 - SYSTEME DE L'EQUILIBRE BUDGETAIRE</u> 	
43.0 - Présentation générale	325
43.00 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt	326
43.01 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt	326
43.1 - Chemin de fer	328
43.10 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt	328
43.11 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt	329
43.2 - Route	333
43.20 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt	333
43.21 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt	334
43.3 - Voie navigable	342
43.30 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt	342
43.31 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt	343

CHAPITRE 44 - SYSTEME DU COUT TOTAL

44.0 - Chemin de fer	348
44.00 - Détermination des coûts globaux	348
44.01 - Détermination des coûts d'usage et des coûts de capacité	351
44.02 - Répartition des coûts de capacité	351
44.03 - Résultats d'ensemble	352
44.1 - Route	362
44.10 - Détermination des coûts globaux	362
44.11 - Détermination des coûts d'usage et de capacité	363
44.12 - Répartition des coûts de capacité	366
44.13 - Résultats d'ensemble	369
44.2 - Voie navigable	379
44.20 - Détermination des coûts globaux	379
44.21 - Détermination des coûts d'usage et de capacité	380
44.22 - Répartition des coûts de capacité	380
44.23 - Résultats d'ensemble	383

CHAPITRE 45 - COMPARAISON DES RESULTATS DES DIVERS SYSTEMES

45.0 - Introduction	391
45.1 - Chemin de fer	392
45.10 - Comparaison des coûts ou tarifs unitaires	392
45.11 - Comparaison des montants annuels des coûts correspondant aux divers systèmes	392
45.2 - Route	396
45.20 - Comparaison des coûts ou tarifs unitaires	396
45.21 - Comparaison des montants annuels des coûts correspondant aux divers systèmes	398
45.3 - Voie navigable	406
45.30 - Comparaison des coûts ou tarifs unitaires	406
45.31 - Comparaison des montants annuels des coûts correspondant aux divers systèmes	406

ANNEXES

I N T R O D U C T I O N

Historique et objectif de l'étude pilote

1. Le problème de l'imputation des coûts d'infrastructure ou, pour employer une terminologie plus récente et plus correcte, de la tarification de l'usage des infrastructures est depuis de nombreuses années au centre des préoccupations des institutions de la Communauté. Sa solution est en effet considérée comme une des conditions du développement général de la politique commune des transports.

2. Les travaux entrepris par la Commission avec le concours du Comité d'experts gouvernementaux institué à la suite de la session du Conseil des 6 et 7 décembre 1960 ont abouti à deux décisions importantes que le Conseil a arrêtées respectivement en 1964 et 1965 :

- décision du Conseil n° 64/389/CEE du 22 juin 1964 relative à l'organisation d'une enquête sur les coûts des infrastructures servant aux transports par chemin de fer, par route et par voie navigable⁽¹⁾ ;
- décision du Conseil n° 65/270/CEE du 13 mai 1965 portant application de l'article 4 de la décision n° 64/389/CEE du Conseil du 22 juin 1964 relative à l'organisation d'une enquête sur les coûts des infrastructures servant aux transports par chemin de fer, par route et par voie navigable⁽²⁾ ;

(1) J.O. n° 102 du 29 juin 1964, page 1598/64.

(2) J.C. n° 88 du 24 mai 1965, page 1473/65.

Elles prévoient l'exécution d'une enquête sur les coûts des infrastructures servant aux transports par chemin de fer, par route et par voie navigable en vue de rassembler des éléments d'appréciation pour la définition d'un système commun de tarification de l'usage des infrastructures. La première de ces décisions est uniquement une décision de principe ; la seconde fixe de façon détaillée le programme des travaux à effectuer tant par les Etats membres que par la Commission.

3. L'article 3 de cette dernière décision est libellé comme suit :

" En vue de préparer les études visées à l'article 4, la Commission effectuera une étude pilote destinée à préciser les conditions d'application des solutions définies à l'annexe 3.

Cette étude pilote devra être achevée avant le 30 juin 1966.

A la demande de la Commission, les Etats membres lui communiqueront les renseignements nécessaires pour l'exécution de cette étude. "

L'objectif essentiel de l'étude pilote est donc de préciser le contenu des solutions possibles en matière de tarification de l'usage des infrastructures, solutions dont le Conseil s'est borné à donner une définition générale dans l'annexe 3 à la décision précitée.

Organisation des travaux

4. La définition de cet objectif montre toute l'importance qui s'attache aux résultats de l'étude pilote pour les travaux ultérieurs en matière de tarification de l'usage des infrastructures et pour les décisions correspondantes. Il était donc nécessaire que sa conduite fût entourée de soins tout particuliers. Sur le plan pratique, il s'agissait de concilier deux exigences. La Com-

mission, chargée officiellement d'exécuter cette étude, n'était pas en mesure de la réaliser sans le concours d'un Etat membre qui fût disposé à recueillir les données nécessaires à cette fin et à se charger des calculs. En même temps, il fallait assurer que fussent pris en considération les points de vue des autres Etats membres concernant la définition générale des solutions envisagées et la mise au point des méthodes de calcul des coûts et tarifs, car l'étude pilote devait pouvoir servir de modèle pour des applications ultérieures dans les divers pays.

5. Ces exigences ont conduit la Commission à adopter les dispositions pratiques suivantes :

- a) Au sein du comité d'experts gouvernementaux visé à l'article 5 de la décision n° 65/270/CEE⁽¹⁾ et chargé, en vertu de cette disposition, d'assister la Commission dans l'organisation et l'exécution de l'étude pilote, un bureau restreint, dans lequel la représentation de chaque délégation était limitée en principe à un seul expert, a été créé. Il avait notamment pour tâche, d'une part, de participer à la définition des divers systèmes de tarification de l'usage des infrastructures et, d'autre part, de suivre de près l'application des principes et méthodes ainsi définis au cas concret étudié.

Ce bureau a été associé de la façon la plus étroite à l'ensemble des travaux. Il a procédé à une discussion approfondie du contenu des deuxième et quatrième parties du rapport. En plus, il a été régulièrement informé du déroulement et des résultats des études de la demande qui font l'objet de la troisième partie du rapport. L'occasion lui a été donnée de présenter des suggestions quant à l'organisation de ces études.

(1) Il s'agit du Comité dont il est question au point 2 ci-dessus.

- b) Le concours du gouvernement français a été sollicité pour l'exécution d'une étude chiffrée des divers systèmes. Le gouvernement a donné son assentiment au mois d'avril 1966. D'un commun accord, l'axe Paris-Le Havre a été choisi comme support de cette étude, entre autres pour la raison que sur cet axe se trouvent en présence et en concurrence les trois modes de transport traditionnels : chemin de fer, route, navigation intérieure.
- c) Il a été fait appel à des experts hautement qualifiés, appartenant principalement à des instituts universitaires ou à des services de recherche publics, pour l'étude de questions d'une grande technicité : détermination des coûts marginaux d'usage, établissement de coefficients d'équivalence permettant de mesurer l'occupation respective de la capacité par différentes catégories de circulation.
- d) L'exécution des études sur la demande de transport de marchandises et de personnes a été confiée aux sociétés S.E.T.E.C. (Société d'études techniques et économiques) et C.E.R.A.U. (Centre d'études et de recherches sur l'aménagement urbain). Ces études ont été financées en partie par la Commission et en partie par le gouvernement français.

La Commission tient à remercier tous ceux qui, à un titre ou un autre, ont participé à l'exécution de l'étude pilote. Elle rend en particulier hommage à la compétence des services centraux et extérieurs de l'administration française et de la S.N.C.F. dont le concours a été inappréciable.

La liste des experts gouvernementaux et autres ayant participé aux travaux figure aux pages LXXXII et LXXXIII.

Nature, portée et limites de l'étude pilote

6. Les indications qui précèdent font ressortir le double aspect de l'étude pilote. Celle-ci est d'abord une étude théorique et méthodologique de diverses solutions possibles en matière de tarification de l'usage des infrastructures. Elle est ensuite une application pratique destinée à la fois à tester le caractère opératoire des méthodes de calcul développées dans la partie théorique et à fournir des éléments chiffrés permettant d'apprécier les résultats de la mise en oeuvre, dans le cas d'un axe particulier, des systèmes étudiés.

7. La Commission estime devoir souligner quelques points qui sont essentiels pour bien comprendre le caractère et la portée de l'étude pilote.

a) L'étude pilote ne comporte pas de jugement de valeur sur le plan théorique. Elle n'a pas pour objet d'établir un classement des divers systèmes étudiés ou de se prononcer sur leur aptitude à résoudre le problème de la tarification de l'usage des infrastructures, mais uniquement de définir de façon cohérente le contenu de chacun d'entre eux et de préciser les méthodes de calcul qu'implique son application. Des arbitrages sont opérés de ce fait exclusivement à l'intérieur de chaque système entre les différentes modalités possibles. Le choix entre les systèmes est réservé aux institutions de la Communauté, conformément aux dispositions du traité C.E.E. relatives à la politique commune des transports et selon les procédures y prévues. L'étude pilote peut contribuer sans nul doute et d'une manière non négligeable à éclairer ce choix ; elle n'en constitue pas moins qu'un élément parmi d'autres.

- b) L'étude pilote n'est pas destinée à fournir des résultats chiffrés qui puissent être utilisés tels quels pour la mise au point de mesures de tarification de l'usage des infrastructures. Les données numériques obtenues ne sont en toute rigueur valables que pour l'axe Paris-Le Havre. Elles ne peuvent être transposées ni à d'autres cas particuliers ni à l'échelle d'un réseau national de l'un ou l'autre des modes de transport.
- c) L'étude pilote est fondée sur une différenciation aussi poussée que possible des coûts et tarifs. Or, les contraintes d'ordre pratique, notamment dans le secteur routier, imposent des limites plus ou moins étroites à la réalisation effective d'une telle solution. Celle-ci exige en tout cas une étude approfondie des moyens techniques de mise en oeuvre d'une tarification de l'usage des infrastructures, qui n'a pas été l'objet de l'étude pilote. Le choix entre ces moyens, qui peuvent prendre des formes nombreuses et diverses, reste entièrement ouvert, quel que soit le système de tarification envisagé.
- d) L'étude pilote est limitée, sur le plan des applications chiffrées, à l'examen des problèmes de tarification de l'usage des infrastructures en dehors des agglomérations urbaines. Etant donné les différences fondamentales qui existent entre ces problèmes et ceux qui se posent en milieu urbain, il est impossible de transposer les résultats obtenus à ce dernier cas. Il en est de même en ce qui concerne les conclusions des études de la demande, qui sont spécifiques aux transports interurbains de personnes et de marchandises. Par contre, les développements d'ordre théorique de la deuxième partie du rapport couvrent l'ensemble des infrastructures.

Plan du rapport

8. Le plan du rapport sur l'exécution de l'étude pilote reflète le double aspect théorique et pratique de cette étude qui a été mis en évidence au point 6.

Après une première partie consacrée à une description détaillée du cadre géographique et économique choisi pour l'application chiffrée, la deuxième partie est de nature exclusivement théorique. Elle contient un exposé précis des fondements et principes des divers systèmes de tarification envisagés et de leurs modalités d'application.

La troisième partie, qui traite du problème de la demande de transport tant de personnes que de marchandises, présente un caractère à la fois théorique et opérationnel. Elle comporte en effet, à côté d'un exposé d'ordre méthodologique, l'indication des résultats numériques des recherches entreprises sur les élasticités de la demande par rapport aux prix.

Dans la quatrième partie, enfin, sont présentés les résultats des calculs de coûts et tarifs correspondant aux divers systèmes étudiés et exposées en détail les méthodes de calcul qui ont permis de les obtenir. Cette partie contient également des comparaisons entre les coûts ou tarifs relatifs à l'infrastructure dans la situation de 1965 et ceux qui résulteraient d'une application des divers systèmes étudiés.

La plupart des développements de nature technique ou mathématique ainsi que certains résultats chiffrés ont été renvoyés dans les annexes.

RESUME DU RAPPORT

9. Les points suivants contiennent un résumé du contenu et des conclusions de l'étude pilote. La Commission tient cependant à souligner qu'en raison de la complexité de cette matière, tout résumé comporte le risque d'une déformation ou d'une présentation partielle. Le résumé ci-après est établi uniquement pour fournir des points de repère destinés à faciliter la lecture du rapport lui-même, qui reste indispensable si l'on veut avoir une compréhension exacte des différents systèmes et tirer de cette étude tout le profit possible en vue des mesures à prendre sur le plan de la tarification de l'usage des infrastructures. Ceci est particulièrement vrai pour la quatrième partie dans laquelle sont exposés les résultats chiffrés. Aussi a-t-il paru préférable de ne pas résumer cette partie ; pour une vue synthétique des résultats, il est renvoyé au chapitre 45.

PREMIERE PARTIE : LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ETUDE

10. La première partie, qui contient une description de la zone choisie comme support de l'application chiffrée, comporte trois chapitres.

Chapitre 10 : Données de géographie économique et humaine

11. Dans le chapitre 10, sont rassemblées les principales données de géographie économique et humaine caractérisant la zone située entre Paris et Le Havre, qui a une étendue d'environ cent soixante kilomètres en longueur et de soixante kilomètres en largeur. Cette zone recouvre à peu près les départements de la Seine-Maritime et de l'Eure et la partie ouest de l'ancien département de la Seine-et-Oise.

Sur le plan démographique, elle est caractérisée par l'exceptionnelle concentration humaine de l'agglomération parisienne opposée au vide relatif du reste de la région. Du point de vue économique, les activités agricoles prédominent au nord et au sud de la zone, alors qu'une importante activité industrielle est localisée principalement dans la vallée de la Seine et dans la région parisienne. La nature des industries qui y sont établies est très diversifiée.

Chapitre 11 : Description technique des infrastructures

12. Le chapitre 11 est consacré à la description des caractéristiques des infrastructures de transport situées à l'intérieur des limites de la zone d'étude. Celle-ci est caractérisée par un ensemble de voies de communication ferroviaires, routières et fluviales sensiblement parallèles, auxquelles viennent s'ajouter plusieurs oléoducs. Pour des raisons matérielles, l'étude ne porte toutefois pas sur la totalité des infrastructures situées à l'intérieur de la zone d'étude.

Pour le chemin de fer, on a retenu la ligne principale Paris-Rouen-Le Havre, à partir de la sortie du triage d'Achères, ainsi que les deux lignes antennes Elbeuf-Oissel et Bréauté-Gravenchon. L'électrification de la première de ces lignes, en cours de réalisation à l'époque choisie comme période de référence pour l'étude, est actuellement entièrement achevée. D'ailleurs, l'application chiffrée a été effectuée en considérant que la ligne en question était exploitée intégralement en traction électrique.

Le réseau routier inclus dans l'étude comprend la majeure partie des routes nationales et quelques routes départementales. Dans l'ensemble, ce réseau n'est pas de construction récente. On y trouve toutes les largeurs de chaussées et tous les types de construction,

les chaussées de type traditionnel et celles revêtues d'un tapis épais d'enrobés étant toutefois les plus répandues. L'autoroute devant relier Paris à Rouen n'était en service, pendant l'année de référence, c'est-à-dire 1965, que sur un tronçon d'une dizaine de kilomètres et n'a pas été prise en considération pour l'application chiffrée.

Les voies navigables étudiées sont la Seine, qui est une voie moderne sur toute sa longueur à l'intérieur de la zone d'étude permettant le passage de convois poussés jusqu'à 4.000 tonnes de port en lourd, ainsi que le canal de Tancarville pour la section comprise entre l'écluse de Tancarville et le périmètre du port du Havre.

Il existe un réseau d'oléoducs par lequel sont acheminés du pétrole brut aussi bien que des produits raffinés du port du Havre à destination de Rouen et de la région parisienne. Ce réseau n'a pas fait l'objet de l'étude, qui est limitée aux infrastructures de transport par chemin de fer, par route et par voie navigable.

Ce chapitre contient en outre une description des installations des ports fluviaux et maritimes de Rouen et du Havre. Ces ports n'ont pas non plus été repris dans l'étude.

Chapitre 12 : Données sur les trafics

13. Le chapitre 12 fournit des renseignements sur l'utilisation des infrastructures ainsi que sur le volume, les courants et la nature des trafics. Le trafic effectué sur les infrastructures étudiées s'élève au total (transports publics et privés) à 104 millions de tonnes, dont 42 millions en échange avec l'extérieur et 62 millions en trafic interne à la zone d'étude. La répartition

entre modes de transport est différente de la répartition France entière en raison de la part très importante de la voie d'eau et des oléoducs. On rencontre tous les cas de concurrence trimodale ou bimodale, à l'exception de la concurrence route-eau.

DEUXIEME PARTIE : DEFINITION DES SOLUTIONS EN MATIERE DE TARIFICATION DE L'USAGE DES INFRASTRUCTURES

14. La deuxième partie, dans laquelle sont définies de façon détaillée les solutions en matière de tarification de l'usage des infrastructures ou d'imputation de leurs coûts, est une des plus importantes du rapport.

L'annexe 3 de la décision du Conseil n° 65/270/CEE ne contient que des indications très sommaires sur différentes solutions possibles : système des péages économiques, système de l'équilibre budgétaire, système du coût de développement, système du coût total (ou coût économique complet). L'objectif essentiel assigné à l'étude pilote était de préciser les conditions d'application de ces systèmes.

Pour l'étude approfondie qui a été effectuée, il a été fait recours aux principaux travaux scientifiques consacrés au problème de la tarification de l'usage des infrastructures. Cette étude a conduit à ajouter à la liste des solutions ci-dessus le système des coûts marginaux sociaux. En revanche, il a été renoncé à l'étude du système du coût de développement, dont il est apparu précisément qu'il pouvait être considéré comme une modalité d'application pratique du système des coûts marginaux sociaux.

Chapitre 20 : Système des coûts marginaux sociaux

15. Le chapitre 20 est consacré à l'examen du système des coûts marginaux sociaux. Ce système se fonde sur la théorie marginaliste

de formation des prix d'après laquelle la réalisation de l'optimum économique exige que les prix des biens ou services soient égaux à leur coût marginal, c'est-à-dire au coût de production de la dernière unité produite.

La transposition de cette théorie au domaine des infrastructures de transport, qui sont des équipements collectifs, conduit à introduire la notion de coût marginal social. Le coût marginal social mesure le coût qu'occasionne à la collectivité une circulation supplémentaire utilisant une infrastructure. En fixant le prix pour l'usage de l'infrastructure égal à ce coût, on met chaque usager potentiel en mesure de prendre en toute connaissance de cause sa décision d'utiliser ou non l'infrastructure, car il peut ainsi comparer le coût qu'il occasionnerait à la collectivité en se déplaçant et l'utilité qu'il attache à ce déplacement.

Il importe de souligner que l'application d'un système de tarification fondé sur le coût marginal social n'a sa pleine signification que si elle est effectuée de façon aussi différenciée que possible, c'est-à-dire s'il est tenu compte des variations des coûts marginaux sociaux dans l'espace et dans le temps.

16. Le coût marginal social comprend trois éléments constitutifs :

- a) le coût marginal d'usage de l'infrastructure, qui est appelé aussi péage de coût. Il est égal à l'augmentation des dépenses d'entretien, de renouvellement, de fonctionnement et de gestion de l'infrastructure entraînée par une circulation supplémentaire ;
- b) le coût marginal de congestion. Il représente les coûts imposés au reste de la circulation par une circulation supplémentaire, à l'exception de ceux résultant des accidents pour les victimes de ces derniers. Ces coûts comprennent entre autres la valeur moné-

.../...

taire des pertes de temps dues au ralentissement de la circulation, l'augmentation des consommations de carburant résultant du nombre accru de changements de vitesse, l'accroissement des dépenses d'entretien des véhicules, le coût de l'immobilisation prolongée des marchandises transportées, le coût de la diminution de la vitesse de rotation des véhicules, etc.

Cette énumération montre que la détermination du coût marginal de congestion pose des problèmes très difficiles et qui ne sont pas tous susceptibles, au stade actuel des connaissances, de trouver une solution entièrement satisfaisante. La question la plus délicate dans ce contexte est celle de la valeur qu'il convient d'attribuer au temps des usagers ;

- c) le coût marginal externe. Il représente les coûts occasionnés à la collectivité par une circulation supplémentaire et qui ne sont pas pris en compte dans le coût marginal d'usage et le coût marginal de congestion. Il s'agit en particulier du coût marginal d'accident, du coût des nuisances, c'est-à-dire du bruit, de la fumée, etc. , et du coût des gênes imposées par un mode de transport aux usagers d'un autre mode de transport. Ce dernier point concerne essentiellement les coûts occasionnés à la circulation routière par le chemin de fer aux passages à niveau et par la navigation aux ponts mobiles.

Seuls ont été évalués dans l'étude pilote les coûts des accidents de la route, ceux des autres modes de transport étant tout à fait négligeables. Pour la détermination du coût des nuisances, qui n'est important d'ailleurs que dans les agglomérations urbaines, il n'existe pas actuellement de méthodes opérationnelles.

Coût marginal d'usage

17. La détermination du coût marginal d'usage soulève, dans le cas des infrastructures de transport, des problèmes difficiles qui sont dus essentiellement à deux causes.

.../...

Tout d'abord, les dépenses dans ce domaine varient le plus souvent de façon discontinue, en raison des techniques d'entretien employées. L'usure et les dégradations occasionnées par la circulation ne sont en effet pas réparées au fur et à mesure qu'elles se produisent, mais seulement lorsqu'elles ont atteint un certain degré. Il résulte de là qu'il est impossible, dans la grande majorité des cas, de mesurer directement, comme cela peut se faire pour une production industrielle, la variation de dépenses due à une unité de trafic supplémentaire et on est obligé de rechercher, pour rendre compte des phénomènes, des corrélations entre des variations de dépenses et des variations de circulation qui dépassent l'échelle marginale au sens strict du mot. Ce mode de calcul ne doit être appliqué qu'avec discernement.

Ensuite, les fonctions de production sont souvent mal connues, étant donné l'absence quasi générale de mesures expérimentales. Cette lacune impose à son tour la recherche de corrélations statistiques.

18. Un problème particulier de méthode est posé par la détermination du coût marginal de renouvellement qui est, à côté du coût marginal d'entretien et du coût marginal de fonctionnement, l'un des éléments constitutifs du coût marginal d'usage. Contrairement aux deux autres composantes, qui se rapportent à des opérations courantes, le coût marginal de renouvellement mesure la variation du coût d'une opération qui n'est effectuée qu'à intervalles de plusieurs années.

La méthode choisie pour déterminer ce coût, qui peut être défini comme le quotient du coût de l'usure subie par une installation du fait d'une variation marginale instantanée (fictive) du trafic par cette variation, consiste à le prendre égal à la dépense supplémentaire par unité de trafic qu'il aurait été nécessaire

d'effectuer lors du dernier renouvellement de l'installation en question pour assurer à celle-ci la même durée d'utilisation que celle qu'elle aurait eue en l'absence de cette variation du trafic.

- Coût marginal d'usage du chemin de fer

19. Le calcul du coût marginal d'usage des infrastructures ferroviaires fait intervenir uniquement les charges de renouvellement des voies principales et celles des fils de contact des caténaires. Le rythme de renouvellement de ces installations est fonction respectivement du trafic total et du trafic assuré en traction électrique, exprimés l'un et l'autre en tonnes-km brutes complètes. Toutes les autres dépenses d'entretien, de renouvellement et de fonctionnement des infrastructures ferroviaires sont à considérer comme indépendantes du trafic.

20. En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de différencier le coût marginal d'usage selon les catégories de circulation. D'ailleurs, des calculs effectués en vue de tester la sensibilité des résultats en fonction de la puissance dont on affecte les charges par essieu ont montré que les résultats dépendent peu de ce facteur, en raison de la faible dispersion des charges par essieu. Celles-ci sont en effet très voisines en moyenne pour les trains de voyageurs et les trains de marchandises.

- Coût marginal d'usage de la route

21. La détermination du coût marginal d'usage des infrastructures routières soulève des problèmes beaucoup plus difficiles que ceux qui viennent d'être évoqués pour le chemin de fer. Une analyse approfondie a permis de conclure que le coût marginal d'usage des routes comprend trois éléments : le coût marginal de police de la

circulation, le coût marginal d'entretien des chaussées et le coût marginal de renouvellement des chaussées. Toutes les autres dépenses d'entretien, de renouvellement et de fonctionnement (par exemple de la signalisation, de l'éclairage, des accessoires des chaussées) sont indépendantes du trafic.

22. Le coût marginal de police de la circulation a été déterminé en prenant en considération la seule variation des dépenses et de la circulation concernant les routes à l'extérieur des agglomérations. La méthode de calcul utilisée a consisté à rapprocher l'évolution dans le temps des dépenses en question de celle de l'ensemble de la circulation. Le coût marginal des diverses catégories de véhicules a été déterminé à partir du coût que cette analyse a fait apparaître comme étant variable avec le trafic à l'aide de coefficients d'encombrement des véhicules ; c'est en effet essentiellement du degré de congestion des routes que dépend le montant des dépenses de police.

23. En ce qui concerne le coût marginal d'entretien et de renouvellement des chaussées, les résultats des essais AASHO effectués il y a quelques années aux Etats-Unis pour déterminer expérimentalement la résistance des chaussées aux passages d'essieux de charges différentes ont été tout naturellement utilisés dans l'analyse qui a été effectuée. Bien que les conditions d'environnement de ces essais ne soient pas en tous points comparables aux conditions prévalant en Europe, et que leurs résultats ne recouvrent pas l'ensemble des phénomènes dont dépend la tenue d'une route, il n'en reste pas moins que ces essais constituent une masse unique d'expériences scientifiques à laquelle il est impensable de ne pas se référer, à condition bien sûr de justifier dans chaque cas les motifs de cette référence. D'ailleurs, les résultats des essais AASHO n'ont été utilisés qu'avec beaucoup de prudence et recoupés, dans tous les cas où cela était possible, avec d'autres résultats ainsi qu'avec l'expérience des ingénieurs.

24. La détermination du coût marginal d'entretien courant des chaussées a rendu nécessaire une analyse distincte par types de construction de chaussées : chaussées de type traditionnel, chaussées revêtues d'un tapis épais d'enrobés, chaussées semi-rigides, chaussées en béton.

En ce qui concerne les chaussées de type traditionnel, qui représentent une part importante des routes européennes, leur comportement dépend de nombreux paramètres dont le poids respectif est mal connu. Les essais AASHO, qui ne comportaient que deux circuits de ce genre sur lesquels on a fait passer uniquement des essieux d'un poids inférieur à 2,7 tonnes, n'ont pas apporté d'enseignements décisifs à ce sujet. Il a été nécessaire de ce fait de recourir à des méthodes empiriques valables en moyenne et fondées sur une analyse statistique. Quant au coût marginal des diverses catégories de véhicules, il a été admis qu'il était proportionnel à la puissance 4 du poids des essieux, cette valeur résultant à la fois de l'extrapolation des résultats AASHO et de l'expérience courante des ingénieurs.

Les essais AASHO ont fourni des indications plus précises sur la résistance des chaussées revêtues d'un tapis épais d'enrobés. En particulier, on peut appliquer à ces chaussées la loi issue de ces essais qui relie la valeur des déflexions de printemps au nombre d'essieux équivalents que la chaussée peut encore supporter. La dépense variable avec le trafic ayant été dégagée par une méthode de corrélation statistique identique à celle utilisée dans le cas des chaussées de type traditionnel, la part des différents essieux des véhicules dans la dégradation est prise proportionnelle à leur poids affecté de l'exposant 4.

Quant aux chaussées semi-rigides, il ressort de l'expérience acquise pendant la période relativement courte d'application de cette

technique de construction récente que leur entretien est relativement faible. Par ailleurs, une incertitude subsiste sur la valeur des coefficients d'équivalence des essieux de charges différentes. Pour ces raisons, il est apparu comme indiqué de ne pas déterminer de coût marginal d'entretien pour ce type de chaussées.

En ce qui concerne, enfin, les chaussées en béton, bien que la moitié des circuits des essais AASHO aient été construits dans cette technique, les résultats obtenus ne doivent, pour un certain nombre de raisons, être utilisés qu'avec une grande prudence. Pour ce qui est de la pondération entre charges d'essieu, il a été convenu de limiter la valeur de l'exposant à y affecter à 4, bien que la valeur la plus vraisemblable apparaisse comme devant être nettement supérieure à 4.

25. Le coût marginal de renouvellement des chaussées est déterminé, sur la base du principe général qui a été indiqué ci-dessus, en utilisant les lois dégagées par les essais AASHO et qui relient la durée de vie d'une chaussée souple à sa déflexion de printemps. Quant aux coûts marginaux de renouvellement par catégories de véhicules, ils sont proportionnels au poids des essieux à la puissance 4.

- Coût marginal d'usage des voies navigables

26. Le calcul du coût marginal d'usage des voies navigables rencontre des difficultés qui tiennent à l'absence d'études expérimentales sur les fonctions de production et à la discontinuité très prononcée des dépenses d'entretien et de renouvellement des installations. Par ailleurs, dans la plupart des cas, le caractère sommaire des comptabilités d'exploitation ne permet pas de constituer des séries historiques de dépenses à partir desquelles pourrait être effectuée une étude statistique.

Dans ces conditions, il s'impose de recourir à une méthode semi-analytique qui consiste à éliminer d'abord les dépenses totalement indépendantes du trafic et à déterminer ensuite la part des dépenses variables avec le trafic. Les coûts marginaux d'usage des diverses catégories de bateaux sont déterminés à l'aide de coefficients d'équivalence variables selon la dépense considérée.

27. Une distinction doit être faite entre les ouvrages de franchissement et le chenal. Pour ce qui est des premiers, dont l'étude a été limitée aux écluses, seuls ouvrages existant sur la Basse-Seine, la démarche de calcul consiste à déterminer le coût marginal d'un éclusage et à imputer ce coût aux diverses catégories de bateaux, en fonction de la probabilité de leur présence dans une éclusée.

Dans le coût marginal d'un éclusage interviennent à la fois des dépenses d'énergie et de matières nécessaires à la manoeuvre des écluses et des dépenses de personnel. Si les premières peuvent être déterminées par voie directe, les secondes nécessitent une analyse plus complexe tenant compte de l'organisation de l'exploitation. En outre, il y a lieu de tenir compte des dépenses d'entretien et de renouvellement de certaines parties fixes (estacades d'approche et moyens d'amarrage) et de parties mobiles telles que les portes et vannes des écluses et les organes de commande.

Quant au coût marginal d'usage du chenal, les dépenses qui interviennent dans son calcul sont celles relatives à l'érosion des berges; elles sont constituées par une part des dépenses de dragage et une part des dépenses relatives aux défenses des rives. Les dépenses de dragage ne sont prises en compte que sur les canaux, où les coûts marginaux par types de bateaux peuvent être considérés comme étant proportionnels aux puissances nominales. Quant aux défenses de rives, seules les berges non ou mal revêtues des canaux subissent des dégradations du fait du passage des bateaux motorisés.

Un coût marginal de renouvellement peut être calculé à ce titre. Sur les voies naturelles, une part des dépenses de remise en état des berges doit également être imputée à la navigation, les coûts marginaux par types de bateaux étant déterminés comme pour les dépenses de dragage ci-dessus.

Coût marginal de congestion

28. La deuxième composante du coût marginal social, le coût marginal de congestion, comprend trois éléments. Ce sont :

- le coût des pertes de temps concernant le personnel salarié et les voyageurs individuels aussi bien que le matériel de transport ;
- le coût de l'augmentation des consommations de carburant, des opérations d'entretien, etc. ;
- le coût de la prolongation de l'immobilisation des marchandises transportées.

Le premier de ces trois éléments est le plus important et en même temps le plus difficile à évaluer. Quant au second, il est important surtout dans le cas des infrastructures routières. Le troisième élément n'a en général qu'une importance faible et il a été renoncé à le prendre en compte dans les applications faites sur l'axe Paris-Le Havre.

- Coût marginal de congestion du chemin de fer

29. Le coût marginal de congestion comprend, si l'on fait abstraction du coût de l'immobilisation des marchandises transportées, des coûts de décalage et de garage ou de ralentissement, ces derniers étant traités comme des coûts de garage. En effet, l'introduction dans un graphique de circulation d'un train supplémentaire peut

entraîner des conséquences sur la circulation des autres trains qui peuvent se trouver être garés en cours de route, ralentis à défaut de la possibilité de garer d'autres trains, expédiés avant l'heure optimale ou retardés au départ.

Dans les coûts de décalage interviennent les coûts d'immobilisation du matériel remorqué, mais non pas les coûts du personnel de conduite et du matériel de traction, ce personnel et ce matériel n'étant pas immobilisés. Dans les coûts de garage, au contraire, il faut tenir compte de l'immobilisation du matériel remorqué et de traction aussi bien que du personnel de conduite et d'accompagnement.

30. En ce qui concerne les trains de voyageurs, il faut ajouter aux éléments précédents la valeur du temps perdu par les usagers du fait d'un décalage ou d'un garage en cours de route. Comme les coûts de décalage d'un train de voyageurs sont très importants, il n'est pas réaliste d'envisager d'introduire un train de marchandises dans une zone du graphique où il provoquerait le décalage d'un train de voyageurs, car le train de marchandises ne pourrait pas supporter le coût correspondant. Seule peut être envisagée l'introduction d'un train de voyageurs à la place d'un autre train de voyageurs.

- Coût marginal de congestion de la route

31. Dans le cas de la route, le coût marginal de congestion comprend deux éléments : l'augmentation des coûts qui varient avec le temps d'utilisation des véhicules et celle qui résulte de l'allongement des durées de rotation des véhicules. Ce dernier élément n'est à prendre en compte que pour la circulation des véhicules utilitaires, où la diminution des vitesses de rotation peut comporter la nécessité d'accroître le parc.

Des méthodes de calcul ont été développées qui permettent de chiffrer ces différents éléments. Elles impliquent, en particulier, la connaissance des liaisons entre les débits et les vitesses ainsi que celle des fonctions de coût, qui sont généralement liées aux vitesses. Pour ce qui est des voitures particulières, le problème principal, et le plus difficile à résoudre, est celui de l'évaluation du temps de leurs occupants. Les solutions données à ce problème sont exposées dans la troisième partie du rapport.

Il importe de souligner que les calculs du coût marginal de congestion tels qu'ils ont été effectués ne sont valables que pour des circulations d'importance faible et moyenne. Les situations de circulation dense n'ont pas pu être étudiées.

En outre, les résultats sont peu différenciés selon les catégories de véhicules. Les mesures expérimentales actuellement disponibles n'ont permis de distinguer que trois catégories de véhicules utilitaires.

- Coût marginal de congestion des voies navigables

32. Les méthodes d'évaluation des coûts marginaux de congestion sont mutatis mutandis celles utilisées pour la route. Un coût marginal de congestion n'est déterminé que pour le franchissement des écluses, seul domaine où se manifestent des phénomènes de gêne mutuelle, la circulation des bateaux dans les biefs se faisant sans entraves.

Une étude de simulation du fonctionnement des écluses sur la Basse-Seine a permis de déterminer les lois donnant le temps total de franchissement des écluses en fonction du type de bateaux, de la composition et du niveau du trafic et du type d'infrastructure. Comme

pour la route, les coûts de mise à disposition des bateaux ne sont pris en considération pour le calcul du coût marginal de congestion que s'il n'existe pas de surcapacité chronique de la flotte.

Coût marginal externe

33. La troisième composante du coût marginal social est le coût marginal externe. Il fait intervenir certaines désutilités qui sont liées à l'utilisation des infrastructures de transport. Elles peuvent être classées en trois grandes catégories : les nuisances aux riverains, les accidents de la circulation, les gênes imposées par un mode de transport aux usagers d'un autre mode de transport. Ces dernières gênes, qui sont liées à l'existence d'ouvrages de croisement tels que passages à niveau et ponts mobiles, sont évaluées en termes de coût selon les méthodes précisées ci-dessus pour le coût marginal de congestion.

34. Quant aux nuisances, qui sont importantes surtout en milieu urbain, il n'existe pas actuellement de méthode valable pour les évaluer. On a donc été contraint de ne pas en tenir compte. Il s'agit là d'un problème qui devra être repris et approfondi dans des études sur la tarification de l'usage des infrastructures en zone urbaine.

35. Les coûts d'accident sont particulièrement importants dans le secteur routier. C'est la raison pour laquelle ils sont pris en compte pour ce seul secteur, leur détermination étant effectuée selon des méthodes qui sont précisées dans la quatrième partie du rapport. Il est à noter que le péage d'accident à mettre à la charge des usagers par le biais du tarif d'usage de l'infrastructure est égal au coût marginal d'accident diminué du coût des assurances déjà supporté par les usagers.

L'information statistique disponible n'a pas permis de différencier le coût marginal d'accident par catégories de véhicules à l'intérieur de la classe des véhicules utilitaires.

Chapitre 21 : Système des péages économiques

36. Ce système, qui fait l'objet du chapitre 21, appartient, comme celui des coûts marginaux sociaux, à la famille des systèmes marginalistes. La différence entre les deux systèmes réside dans le fait que le second vise à réaliser une utilisation optimale des infrastructures existantes sans aucune contrainte, alors que le premier cherche à atteindre ce même objectif en imposant une contrainte quant à l'utilisation de la capacité. Cette contrainte consiste à limiter cette utilisation à un seuil qui ne doit pas être dépassé. La différence quant aux effets des deux systèmes n'est pas grande si ce seuil est fixé de façon telle que le coût marginal de congestion et le coût marginal d'accident restent négligeables tant que le trafic y est inférieur.

37. Le péage économique se compose de deux éléments : le coût marginal d'usage, qui intervient également dans le système des coûts marginaux sociaux, et le péage pur qui est destiné à égaler la demande à la capacité. Tant que le trafic reste en dessous de la capacité fixée préalablement, le péage perçu est limité au seul coût marginal d'usage ; lorsque la demande dépasse cette capacité, ce coût marginal d'usage est augmenté d'un péage pur qui vise à ramener la demande au niveau de la capacité, c'est-à-dire à dissuader la demande excédentaire. Le péage pur varie évidemment avec l'intensité de la demande par rapport à la capacité économique de l'infrastructure et a le caractère d'une rente de rareté.

Détermination du péage pur

38. La détermination du péage pur pose des problèmes délicats. Elle exige tout d'abord la fixation d'une capacité économique de l'infrastructure qui ne doit pas être dépassée même si cela est physiquement possible. La fixation d'une telle capacité trouve sa justification dans le fait que le service offert par les gestionnaires de l'infrastructure ne se limite pas à donner aux usagers la possibilité d'effectuer un déplacement entre deux points; il comprend également la garantie que ce déplacement pourra être réalisé dans des conditions de confort, de vitesse, de sécurité, etc., connues à l'avance. La garantie est définie en termes de probabilité de défaillance.

Cette idée peut être illustrée à l'aide d'un exemple concernant une autoroute. Si l'on veut assurer aux usagers de cette autoroute qu'ils puissent circuler en toutes circonstances à une vitesse supérieure à 80 km par heure, avec une probabilité de défaillance limitée à $1/1000$, le péage doit être fixé à un instant quelconque de façon telle qu'il n'y ait qu'une chance sur 1.000 pour qu'un usager soit contraint de circuler à moins de 80 km par heure. La fixation de la capacité économique exige toujours un jugement de valeur ; elle est donc forcément arbitraire du point de vue de la théorie économique.

En second lieu, il est nécessaire, pour déterminer le péage pur, de connaître les élasticités de la demande par rapport aux prix. Le péage pur étant une rente de rareté, sa détermination ne fait pas intervenir des notions de coût quelles qu'elles soient. Elle ne fait pas intervenir non plus la notion de coefficient d'équivalence entre catégories de circulation, de tels coefficients d'équivalence ne pouvant être définis qu'a posteriori comme les rapports des péages purs des catégories considérées.

39. Il est important de remarquer que le péage pur se substitue à la fois au coût marginal de congestion et au coût marginal externe, car la notion de capacité économique, qui est définie par référence à la qualité de service, intègre l'ensemble des éléments dont tiennent compte ces deux coûts.

40. Sur le plan des résultats, l'application du système des péages économiques peut conduire à une utilisation plus importante ou, au contraire, moins importante de l'infrastructure que celle qui résulterait d'une tarification au coût marginal social, selon que le péage économique est inférieur ou supérieur au coût marginal social.

- Péage pur du chemin de fer

41. Contrairement à ce qui se passe pour la route, les conditions de circulation et notamment la vitesse d'un train déterminé ne dépendent que dans une mesure relativement faible de l'ensemble du trafic. De plus, des phénomènes d'interaction entre circulations ne se manifestent qu'aux approches de la capacité physique.

La fixation de la capacité économique doit tenir compte de ces données ainsi que de l'existence d'une priorité au bénéfice de certaines catégories de trains, notamment des trains de voyageurs, auxquelles il s'agit d'assurer une qualité de service constante.

42. Il est apparu que la fonction de saturation économique peut être définie de façon satisfaisante par un temps de parcours maximum pour les trains de marchandises et un temps de parcours constant pour les trains de voyageurs.

Il y a lieu de remarquer que dans l'application chiffrée le problème de la détermination de péages purs est sans objet, car aucun phénomène de saturation économique n'existe sur les lignes étudiées.

- Péage pur de la route

43. Au-delà d'un certain seuil de trafic, les conditions de circulation sur route se détériorent rapidement. La saturation s'accompagne d'une augmentation des taux d'accident et des coûts moyens. C'est cet état des choses qui justifie la fixation d'une capacité économique.

La notion de capacité économique joue d'ailleurs depuis longtemps un rôle considérable dans la pratique. La règle de la trentième heure peut notamment être considérée comme définissant une capacité économique.

44. La fixation de cette capacité, par référence à une qualité de service minimum, soulève des problèmes délicats qui ne peuvent être résolus que de façon conventionnelle. Les solutions les plus satisfaisantes, eu égard à l'objectif du système des péages économiques, paraissent être celles qui se fondent sur des qualités de service distinctes soit pour les différentes catégories de véhicules, soit selon la période de circulation. La qualité de service elle-même est définie en termes de vitesse minimum.

Il est à noter que l'insuffisance des données sur les élasticités de la demande n'a pas permis la détermination directe des péages purs. Ceux-ci ont été calculés, à titre de première approximation, par référence au coût marginal social correspondant au point de saturation.

- Péage pur des voies navigables

45. Pour ce mode de transport, le problème se pose dans des termes analogues à ceux qui viennent d'être exposés pour la route, étant entendu toutefois que des phénomènes de saturation se présentent uniquement aux écluses.

46. La capacité économique est définie par référence aux temps de franchissement des écluses par les diverses catégories de bateaux. Il y a saturation économique lorsque les trafics arrivant à une écluse au cours d'une période d'une heure sont tels qu'il existe une probabilité déterminée pour que le temps de franchissement d'une catégorie de bateaux au moins atteigne une valeur maximum.

Compte tenu du fait que la valeur du temps des diverses catégories de bateaux n'est pas la même (le coût d'exploitation d'un pousseur est très supérieur à celui d'un petit automoteur), il convient de moduler les temps de franchissement maximums, qui correspondent donc à la saturation économique, en fonction inverse des coûts.

Dans l'application chiffrée, la détermination des péages purs a été effectuée selon la méthode indiquée ci-dessus pour la route.

Chapitre 22 : Système de l'équilibre budgétaire

47. Le système de l'équilibre budgétaire examiné au chapitre 22 est fondé, conformément à l'annexe 3 de la décision n° 65/270/CEE, sur la tarification au coût marginal (qui peut prendre la forme soit du système des péages économiques, soit de celui des coûts marginaux sociaux). Le principe de base est la couverture, pendant la période de référence considérée, des dépenses relatives à l'infrastructure par les recettes correspondant aux paiements des usagers.

Dans l'étude pilote, il a été convenu que la période de référence serait égale à l'année. Dans la pratique, d'autres solutions sont évidemment possibles et peuvent être plus souhaitables.

48. Il faut souligner deux points fondamentaux.

En premier lieu, l'obligation d'équilibre budgétaire ne représente qu'une contrainte supplémentaire. En aucun cas, les tarifs pour l'usage des infrastructures ne peuvent être inférieurs au péage économique ou au coût marginal social. Ce n'est que lorsque la tarification au coût marginal conduit à un déficit que le péage économique ou le coût marginal social doit être majoré d'un supplément destiné à assurer l'équilibre entre les dépenses et les recettes.

En second lieu, le système d'équilibre budgétaire exclut toute subvention des pouvoirs publics au financement des dépenses relatives aux infrastructures. La charge de celles-ci doit être assurée intégralement par les utilisateurs. Cette contrainte apparaît comme étant de nature à éliminer les conséquences indésirables que peut avoir la gestion des infrastructures dans le cas où une tarification marginaliste pure de leur usage conduit à un déficit.

Variantes du système d'équilibre budgétaire

49. Le système d'équilibre budgétaire peut comporter deux variantes selon que l'on admet ou que l'on exclut le recours à l'emprunt pour le financement d'une partie des dépenses. En principe, ces deux variantes peuvent se combiner avec les deux possibilités quant au choix de la base du système : péages économiques ou coûts marginaux sociaux.

Dans l'étude pilote, des phénomènes de saturation économique ne se manifestent que sur quelques sections de voies. C'est pourquoi seul a été étudié le système de l'équilibre budgétaire sur la base des coûts marginaux sociaux, sous la forme des deux variantes sans emprunt et avec emprunt.

Il faut faire observer d'ailleurs que, dans la pratique, la recherche d'un optimum de financement peut conduire à adopter des variantes différentes de celles étudiées ici et qui représentent des solutions extrêmes.

- Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt

50. Ce système exige que, chaque année, la somme des recettes soit égale à la somme des dépenses d'entretien, de fonctionnement, de renouvellement et des frais généraux augmentée des dépenses de construction nouvelle.

Ainsi qu'il a déjà été souligné, le choix de l'année comme période de référence est purement conventionnel. Il est d'ailleurs susceptible de donner lieu à des difficultés sur le plan d'un axe particulier. C'est la raison pour laquelle, dans l'étude pilote, la somme des dépenses à couvrir est déterminée sur la base d'une moyenne mobile d'une période de plusieurs années, ce qui permet d'éliminer les fluctuations trop importantes des dépenses d'une année à l'autre.

- Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt

51. Cette variante implique que les recettes provenant des paiements des usagers au cours de chaque année couvrent, d'une part, les dépenses de cette année qui ne sont pas couvertes par l'emprunt et, d'autre part, le service des emprunts existants.

52. La question de savoir quelles dépenses devraient être financées par voie d'emprunt doit, dans la pratique, être examinée de cas en cas et résolue de façon à réaliser un optimum de gestion. Dans l'étude pilote, une règle simple mais arbitraire a été appliquée. Elle consiste à recourir à l'emprunt pour la totalité des dépenses

d'investissement, c'est-à-dire de construction nouvelle et de renouvellement. Les modalités des emprunts ont été fixées en tenant compte des possibilités réelles et des usages du marché financier français. Ces conditions sont celles des emprunts publics à long terme : taux d'intérêt de 7 %, durée de 25 ans, amortissement à partir de la sixième année. Elles sont appliquées de façon uniforme aux infrastructures des trois modes de transport.

53. Dans cette variante, et pour les infrastructures anciennes, il se pose également le problème de la fixation d'une dette initiale qui représente la part non encore amortie des emprunts contractés antérieurement à la date à laquelle est fait le calcul des tarifs pour l'usage des infrastructures. Dans l'étude pilote, on a considéré les dépenses d'investissements réalisés au cours de la période de 25 ans précédant l'année de référence et on a déterminé les charges financières relatives à cette dernière année dans l'hypothèse d'un financement par emprunt de ces dépenses.

Répartition du déficit

54. Le principal problème à résoudre dans le système d'équilibre budgétaire est celui de la répartition entre les catégories d'utilisateurs dans le cas où les dépenses à couvrir annuellement sont supérieures au produit des recettes provenant de la tarification aux coûts marginaux sociaux. Il y a là une différence fondamentale par rapport au système du coût total dont il est question ci-après, et dans lequel c'est la totalité des coûts qui doit être répartie entre les utilisateurs.

Le principe de détermination du déficit qui vient d'être exposé est valable également pour les fonctions étrangères aux transports. Etant donné cependant la difficulté de déterminer les coûts marginaux sociaux de ces fonctions, on a retenu, à titre de solution pra-

tique et en première approximation, l'élimination préalable des dépenses relatives à ces fonctions de même que la répartition entre modes de transport des dépenses afférentes aux ouvrages de croisement, sur la base des méthodes applicables dans le système du coût total.

Quant au déficit restant imputable aux utilisateurs du mode de transport considéré, il existe en théorie une solution unique pour sa répartition réalisant une utilisation optimum des infrastructures considérées sous la contrainte d'équilibre budgétaire. L'état actuel des connaissances ne permet cependant pas de développer le modèle correspondant. Aussi a-t-on été obligé d'envisager des solutions approchées consistant à répartir le déficit soit proportionnellement au coût marginal social, soit au prorata de l'occupation de la capacité par les différentes catégories de circulation. A titre de première approximation, c'est la première qui a été retenue pour l'application chiffrée sans que ce choix comporte un jugement de valeur et préjuge la solution définitive.

Différenciation des tarifs et péréquation dans l'espace

55. L'existence d'un déficit important, dont la couverture exigerait l'application de péages d'équilibre élevés, pourrait avoir pour conséquence que la mise en oeuvre du système de l'équilibre budgétaire modifie notablement la répartition du trafic qui résulterait de l'application du système des coûts marginaux sociaux. Ce risque est particulièrement important si le système de l'équilibre budgétaire est appliqué à des infrastructures individuelles ou à des réseaux de faible étendue. Aussi, dans l'étude pilote, la contrainte d'équilibre budgétaire a-t-elle été imposée à l'ensemble des infrastructures de chacun des modes de transport.

Chapitre 23 : Système du coût total (ou coût économique complet)

56. Ce système, qui est étudié au chapitre 23, a pour objet la détermination, selon des principes dérivés de l'économie d'entreprise, de la totalité des coûts occasionnés par la mise à disposition et l'utilisation des infrastructures existantes. Il se distingue des systèmes précédents essentiellement sur deux points, à savoir la façon dont sont prises en compte les charges d'investissement et les méthodes appliquées pour répartir les coûts des infrastructures entre les catégories d'utilisateurs, méthodes qui sont basées sur le principe de causalité.

Il est à souligner encore que le calcul du coût total n'équivaut pas en lui-même, comme c'est le cas pour les systèmes étudiés ci-dessus, à une fixation des prix pour l'usage des infrastructures, ces prix dépendant entre autres des conditions de la demande. Cependant, dans la mesure où l'on estime que le coût total représente les coûts pour la collectivité des infrastructures existantes, il peut être considéré comme un terme de référence en ce qui concerne le choix du système de tarification.

57. Le coût total est défini comme les sacrifices qu'il est nécessaire de consentir pour assurer une production déterminée. Ces sacrifices (ou coûts) ne sont pas nécessairement égaux, pour un certain nombre de raisons, aux dépenses effectives (écart entre la valeur des moyens de production et leur prix d'acquisition; répartition des coûts sur toute la durée de vie par opposition aux dépenses concentrées autour de la date d'acquisition; coûts, tels que l'intérêt sur le capital propre, ne correspondant pas à une dépense effective, etc.).

58. Trois phases peuvent être distinguées dans le calcul du coût d'une prestation de circulation déterminée, qui sont :

- a) la détermination du coût total des infrastructures sans distinction des fonctions de ces dernières ;
- b) la détermination des parts de ce coût imputables à la fonction de transport et à chacun des modes de transport intéressés ;
- c) la détermination des coûts imputables à chaque catégorie de circulation .

Détermination du coût total des infrastructures

59. Les coûts de fonctionnement, les coûts d'entretien et les frais généraux d'administration entrant dans le coût total sont pris égaux aux dépenses correspondantes retenues dans le système de l'équilibre budgétaire. Il n'en va pas de même des coûts d'investissement (constructions nouvelles et renouvellements) qui sont pris en compte sous la forme de charges de capital déterminées selon des méthodes sui generis.

Calcul des coûts de capital

60. Ces coûts relatifs à une période donnée représentent la diminution de valeur de l'installation considérée au cours de cette période, cette diminution étant exprimée par l'amortissement, et les intérêts relatifs au capital investi.

Leur calcul suppose la connaissance de la valeur du capital immobilisé, du taux d'intérêt et de la durée d'utilisation de l'installation, ainsi que le choix d'un rythme d'amortissement. Tous ces termes doivent être pris en compte à leur valeur à la date du calcul.

61. La valeur économique des biens trouve son fondement dans leur utilité et dans leur rareté relative. En général, elle est mesurée par le prix qui se forme sur le marché de ces biens.

Dans le cas particulier des infrastructures de transport, un tel marché n'existe pas. Il n'en existe pas moins une offre représentée par les possibilités de remplacement des installations, et une demande représentée par les possibilités d'utiliser ces installations à des fins productives. A partir de là, il est possible de déterminer deux limites entre lesquelles se situe la valeur économique d'une installation déterminée : une limite supérieure constituée par la valeur de remplacement, et une limite inférieure égale à la valeur de récupération de l'installation.

Dans l'étude pilote, les coûts de capital ont été déterminés à partir de ces deux valeurs. Leur plafond est constitué par l'amortissement et les intérêts sur la valeur de remplacement, diminués éventuellement de la valeur de récupération. Leur plancher est égal à l'intérêt sur la valeur de récupération nette à la fin de la durée d'utilisation des installations.

62. En ce qui concerne les terrains, dont la durée de vie est infinie, les coûts de capital ne sont calculés que sur la base d'une seule valeur. Il s'agit, en dehors des agglomérations, de la valeur vénale des terrains non bâtis contigus aux infrastructures et, à l'intérieur des agglomérations, de la valeur moyenne des terrains dans les zones d'extension des villes.

63. La durée d'utilisation des installations est déterminée à partir de la durée de vie technique. Sa fixation doit cependant tenir compte des facteurs économiques, tels que l'obsolescence, l'accroissement excessif des frais d'entretien, les modifications de structure intervenant dans l'économie.

Des fourchettes de durée d'utilisation ou des durées moyennes ont été établies pour les différentes installations décomposées dans leurs éléments constitutifs.

64. Le taux d'intérêt a été pris égal au taux de rendement moyen des emprunts publics à long terme.

65. Le choix de la formule d'amortissement soulève des problèmes très délicats. Etant donné que les biens de production durables représentent un potentiel de production indivisible, la solution la plus correcte consisterait à déterminer une charge de capital constante par unité de trafic tout au long de la durée d'utilisation des installations. A cette fin, il serait nécessaire d'appliquer une formule d'annuités variables. Des difficultés d'ordre pratique ont toutefois empêché l'adoption de cette solution dans l'étude pilote. Aussi a-t-on eu recours à une solution simplifiée consistant à déterminer les charges de capital sous la forme d'annuités constantes, ce qui peut évidemment conduire à faire varier la charge par unité de trafic en fonction de la variation du volume total de ce trafic. Cet inconvénient a été considéré comme acceptable dans l'étude pilote.

66. La détermination des coûts de capital, dont les différentes opérations de calcul viennent d'être exposées, exige l'établissement préalable d'un inventaire détaillé des installations d'infrastructure. Il s'agit là d'une tâche très importante dont la réalisation pratique rend nécessaires certaines simplifications. C'est ainsi que, dans l'étude pilote, il a été procédé dans certains cas à des agrégations de catégories différentes d'éléments d'infrastructure et à des évaluations forfaitaires.

Détermination des parts du coût total imputables à la fonction de transport et à chacun des modes de transport intéressés

67. Certaines infrastructures remplissent, en même temps qu'elles servent aux transports, d'autres fonctions. Les installations propres à ces autres fonctions ne sont pas prises en compte dans les calculs. Seules sont considérées les installations communes à ces deux catégories de fonctions et leurs coûts donnent lieu à répartition entre celles-ci.

Aucun problème de ce genre ne se pose pour le chemin de fer ni pour les routes de rase campagne. En revanche, la voirie à l'intérieur des agglomérations aussi bien que la voie navigable servent à des fonctions étrangères aux transports qui sont en rapport, pour la première, de façon générale, avec l'urbanisme et, pour la seconde, avec en ordre principal l'économie hydraulique et la production d'énergie électrique.

68. Pour la répartition des coûts des installations remplissant des fonctions multiples, deux catégories de coûts sont à distinguer : les coûts spécifiques et les coûts communs.

Par coûts spécifiques d'une fonction, on entend les coûts dont on aurait pu faire l'économie si cette fonction n'avait pas dû être remplie, toutes les autres fonctions étant maintenues. Quant aux coûts communs, ils sont égaux à la différence entre le total des coûts de l'installation considérée et les coûts spécifiques. Pour leur répartition, il n'existe pas de solution objective dérivée soit de la théorie économique, soit du principe de causalité. Une solution conventionnelle qui soit le plus équitable possible doit donc être recherchée.

Deux solutions peuvent être envisagées. La première consiste à répartir les coûts communs au prorata des coûts correspondant à la mise à la disposition distincte de chacune des fonctions des installations qui leur sont nécessaires. Cette méthode, qui oblige à établir une série de projets techniques correspondant aux diverses alternatives, implique un travail extrêmement important.

La seconde méthode repose sur une répartition des coûts communs en fonction de l'utilité que l'infrastructure présente pour les différentes fonctions, c'est-à-dire de la somme que l'ensemble des usagers de chacune de ces fonctions seraient disposés à payer pour pouvoir utiliser cette infrastructure. Les calculs impliqués par l'application de ce principe se heurtent actuellement à des difficultés insurmontables.

69. Etant donné cet état de choses, il a été convenu de procéder dans l'étude pilote, dans les quelques cas où il se présente un problème de l'espèce, à des répartitions pragmatiques.

Pour la voirie à l'intérieur des agglomérations, les coûts relatifs aux superficies des terrains en-deçà d'une largeur de 6 m sont considérés comme étant imputables à la fonction d'urbanisme et n'entrent donc pas dans les coûts relatifs à la circulation routière.

Quant à la voie navigable, où la seule fonction étrangère aux transports sur le parcours étudié est la protection contre les crues, on a retenu, comme part de la navigation intérieure dans les coûts des ouvrages correspondants, le montant effectivement inscrit dans le budget des services des voies navigables.

- Répartition des coûts des ouvrages de croisement

70. Le problème est de répartir entre les modes de transport intéressés les coûts communs, c'est-à-dire ceux des parties non spécifi-

ques des ouvrages de croisement et ceux des installations spécifiques qui, bien qu'utilisées exclusivement par un mode de transport, sont motivées par la présence des deux.

A titre de première approximation, on a adopté les solutions suivantes :

- pour les ouvrages de croisement route-chemin de fer, les coûts communs sont répartis à raison de 50 % sur chacun des deux modes de transport ;
- en ce qui concerne les ouvrages de croisement route/chemin de fer - voie navigable, les coûts sont entièrement imputés à la route ou au chemin de fer dans le cas de ponts traversant des voies navigables naturelles et dont les caractéristiques ne sont pas affectées par la présence de la navigation. Dans le cas contraire, les coûts de la modification sont imputés par moitié à chacun des modes de transport. Dans le cas de canaux, la totalité des coûts est répartie entre les deux modes de transport dans la proportion de 50 à 50.

Détermination des coûts imputables à chaque catégorie de circulation

71. Il importe de distinguer les coûts d'usage et les coûts de capacité.

Les premiers sont provoqués par l'utilisation d'une installation dont la capacité est considérée comme donnée. Les seconds sont indépendants de cette utilisation.

Sur le plan pratique, il est apparu possible d'assimiler les coûts d'usage aux coûts marginaux d'usage. Ceux-ci sont pris en compte intégralement dans le cas où les coûts de capital sont déter-

sur la base de la valeur de remplacement, et diminués du coût marginal de renouvellement dans le cas où les coûts de capital sont calculés sur la base de la valeur de récupération.

En raison de l'assimilation entre coûts d'usage et coûts marginaux d'usage qui est ainsi effectuée, un problème de répartition de coûts entre catégories de circulation se pose uniquement pour les coûts de capacité.

- Répartition des coûts de capacité entre catégories de circulation

72. Une catégorie de circulation est définie à la fois par ses caractéristiques techniques et la période pendant laquelle a lieu la circulation.

Pour la répartition des coûts de capacité, il importe de distinguer :

- les coûts spécifiques relatifs aux installations utilisées exclusivement par une catégorie de circulation (quais à voyageurs, triages, etc.). Ils sont imputés en totalité à cette catégorie ;
- les coûts supplémentaires relatifs aux installations dont on aurait pu faire l'économie en l'absence d'une catégorie de circulation déterminée, mais qui sont utilisées en commun par toutes les catégories (coûts dus à des exigences spéciales en matière de visibilité, de vitesse, de profil en long, etc.). Ces coûts ne sont imputés à la catégorie de circulation responsable que dans la mesure où cette catégorie peut toujours utiliser en priorité les installations ou aménagements en question. Ce cas n'intéresse pratiquement que le chemin de fer ; dans l'étude pilote toutefois, les coûts en question n'ont pas pu être chiffrés ;
- les autres coûts de capacité. Ils sont répartis entre catégories de circulation au prorata de l'occupation par chacune d'elles de la capacité de l'infrastructure.

- Répartition des coûts de capacité du chemin de fer

73. La solution adoptée pour la répartition des coûts de capacité des infrastructures ferroviaires fait intervenir l'occupation physique de la capacité. Celle-ci est basée sur la notion d'usage privatif qui traduit le fait que la technique d'exploitation des chemins de fer est telle qu'il ne peut y avoir, à un instant donné, qu'un seul train dans une section de bloc. La part de chaque train dans l'occupation de la capacité est proportionnelle au temps pendant lequel il a occupé de façon privative l'infrastructure.

La répartition des coûts de capacité doit tenir compte en outre de deux éléments. Tout d'abord, la capacité d'une ligne donnée est fixée en fonction du trafic correspondant à la période d'intensité maximum, ce qui conduit à un excédent de capacité aux périodes où le trafic est plus faible. Au-delà de la capacité minimum techniquement nécessaire, il faut tenir compte de cette situation en imputant les coûts de cet excédent au trafic des périodes de temps qui en est responsable.

Ensuite, l'exploitation du chemin de fer est planifiée et fondée sur un système de priorité entre catégories de trains, contrairement à la route et à la voie navigable en général qui sont des infrastructures à accès aléatoire.

74. En distinguant deux catégories de trains, trains prioritaires et trains non prioritaires, les principes de répartition adoptés sont les suivants.

Comme les trains non prioritaires s'accommoderaient d'un débit constant au cours de la journée, la variation de l'occupation de l'infrastructure dans le temps est due uniquement aux trains priori-

taires. De ce fait et étant donné qu'on peut admettre que le trafic des trains non prioritaires calculé en débit constant est supérieur au trafic réel pendant la plus forte pointe de trafic prioritaire, la part de coûts imputable à cette catégorie de trains est répartie entre ceux-ci au prorata de l'occupation par chacun d'entre eux de la capacité exprimée en minutes-train.

La répartition entre les trains prioritaires des coûts qui leur sont imputables doit tenir compte de l'inégale utilisation de la capacité par ces trains au cours des différentes périodes. En plus, il faut imputer à ces trains la totalité du coût des installations spécifiquement construites pour eux même si elles sont utilisées également par les autres trains, car ils bénéficient toujours d'une priorité quant à leur utilisation.

75. La démarche de calcul comporte, en premier lieu, le choix d'une journée de référence. On choisit la journée de l'année qui est la plus chargée de celles pour lesquelles la proportion entre les trafics prioritaires et non prioritaires est celle qui se rencontre le plus fréquemment dans l'année. Ceci permet d'éliminer l'effet des superpointes qui ne sont pas prises en considération pour dimensionner l'infrastructure. Ensuite, on établit un tableau des minutes-train par catégories et par périodes, ces dernières étant choisies aussi courtes que possible. Les périodes sont classées dans l'ordre croissant du nombre de minutes-train de la catégorie des trains prioritaires.

Après avoir déterminé le coût de capacité afférent à la journée de référence sur la base du nombre de trains de cette journée par rapport au nombre de trains de l'année, on répartit ce coût entre les périodes de débits différents en appliquant les principes exposés au point précédent.

- Répartition des coûts de capacité de la route

76. Comme pour le chemin de fer, la répartition des coûts de capacité entre les catégories d'utilisateurs s'effectue en fonction de la mesure dans laquelle ceux-ci utilisent la capacité disponible. La difficulté principale résulte de l'inégalité de la circulation dans le temps, ce qui entraîne l'existence de capacités excédentaires à certaines périodes. De plus, les rapports entre catégories de véhicules quant à l'occupation de la capacité ne sont pas constants d'une période à l'autre.

77. Pour mesurer l'occupation de la capacité par les différentes catégories de véhicules, on a recours à la notion de coefficient d'équivalence. Les coefficients d'équivalence permettent d'exprimer l'occupation de la capacité par les différentes catégories de véhicules par rapport à une catégorie de base. Ils sont déterminés sur la base du temps total mis par les véhicules pour parcourir une section de routes déterminée. Le coefficient d'équivalence entre deux catégories de véhicules est égal au rapport des augmentations de temps de parcours que provoquerait l'introduction dans la circulation d'un véhicule de l'une des catégories. On peut également exprimer ce coefficient par des fonctions dérivées des vitesses moyennes par catégories.

78. Les principes de la démarche choisie pour la répartition des coûts de capacité entre périodes de temps sont analogues à ceux qui ont été exposés ci-dessus pour le chemin de fer. Il faut cependant tenir compte du fait que les infrastructures routières sont à accès aléatoire; par conséquent, le problème de l'imputation des coûts de certaines installations construites spécifiquement pour des catégories de circulation déterminées ne se pose pas, aucune catégorie ne disposant d'une priorité quant à l'utilisation de ces installations.

On procède tout d'abord à un classement de toutes les heures de l'année par ordre d'intensité croissante du trafic. En d'autres termes, on établit une courbe des débits classés, le trafic ayant été au préalable converti en unités standards au moyen de coefficients d'équivalence. La route dont il s'agit de répartir les coûts est alors décomposée en tranches correspondant à des infrastructures élémentaires techniquement réalisables et offrant une qualité de service sensiblement égale à celle de la route réelle. En considérant l'exemple d'une route à trois voies, cette méthode consiste à la décomposer en deux tranches, la première correspondant à une route à deux voies, qui représente l'infrastructure minimum techniquement possible, et la seconde correspondant à la troisième voie.

La méthode de calcul consiste à imputer le coût de la capacité correspondant à la route à deux voies au trafic de base, c'est-à-dire au trafic pour l'écoulement duquel cette capacité serait suffisante, et le coût de la troisième voie au trafic de pointe excédant ce trafic de base. Il est à remarquer cependant que, comme le trafic de base effectué aux heures de pointe ne peut pas être distingué du trafic excédant la capacité d'une route à deux voies, le coût de la troisième voie est imputé au trafic total effectué aux périodes de pointe.

Bien sûr, un problème de répartition de coûts entre périodes de temps ne se pose pas pour des routes dont la capacité effective est égale à la capacité minimum techniquement réalisable. Mais, dans ce cas comme dans tous les autres, il y a lieu de tenir compte du fait que les coefficients d'équivalence entre catégories de véhicules peuvent différer d'une période à l'autre.

- Répartition des coûts de capacité de la voie navigable

79. Les voies navigables présentent des particularités dont il importe de tenir compte lors de la répartition des coûts de capacité.

En premier lieu, leur utilisation varie peu selon les périodes de temps, de sorte que la méthode de la décomposition en infrastructures élémentaires ne présente pas le même intérêt que pour les autres modes de transport.

En second lieu, les coefficients d'équivalence entre types de bateaux ne peuvent pas être fondés sur les mêmes principes que dans le cas de la route, car, dans les biefs, les bateaux ne se gênent pas mutuellement. Des phénomènes de gêne ne sont constatés que dans les écluses.

80. En ce qui concerne les biefs, le critère de répartition le plus satisfaisant est la surface dynamique des bateaux. A défaut de pouvoir la déterminer, la surface statique peut être considérée comme un critère convenable.

Pour ce qui est des écluses, leurs coûts de capacité sont répartis en fonction des temps d'occupation des écluses par les différents bateaux. Une étude de simulation effectuée sur la Basse-Seine a permis de tenir compte des facteurs aléatoires qui déterminent l'occupation effective des sas.

TROISIEME PARTIE : ETUDE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT DE PERSONNES
ET DE MARCHANDISES

81. La troisième partie contient un exposé synthétique des méthodes utilisées pour étudier la demande de transport et des résultats obtenus.

La connaissance des lois de la demande de transport présente une importance considérable pour la mise au point d'une tarification de l'infrastructure. Si elle est utile pour l'application de tous les systèmes, elle est à vrai dire indispensable pour celle du système des péages économiques, le péage pur ne pouvant être déterminé à défaut des informations correspondantes.

Il importe de souligner qu'en dépit de l'importance des recherches entreprises, l'étude, qui a été limitée aux élasticités à court et moyen terme, ne fournit pas tous les éléments nécessaires à la solution des problèmes qui se posent en matière de tarification de l'usage des infrastructures.

Les informations disponibles portent essentiellement sur les problèmes de la fréquence de voyage et de la substitution entre modes de transport qui se sont trouvés placés au centre de l'étude. Elles n'ont pas permis d'étudier de façon précise les lois de distribution de la demande dans le temps, dont la connaissance est essentielle dans la perspective de la tarification de l'usage des infrastructures.

Chapitre 30 : Demande de transport de personnes

82. Le chapitre 30 est consacré au problème de la demande de transports de personnes.

L'étude effectuée à ce sujet a eu pour objet d'apprécier l'influence à court et moyen terme d'une modification des tarifs de transport sur les fréquences et sur le choix du moyen de transport.

Le problème majeur qui s'est posé résulte du manque d'informations sur l'évolution dans le temps de la consommation de transport en fonction des tarifs. De ce fait, aucune approche macroéconomique directe n'était possible. La démarche suivie consiste à interpréter les variations géographiques de la consommation de transport mais aussi celles de la composition socio-économique des zones et de leur configuration géographique.

Méthode suivie

83. L'analyse correcte de l'effet des conditions de transport et notamment des prix à partir des différences géographiques de la demande a rendu nécessaire la construction préalable d'un schéma explicatif d'ensemble de la demande de transport. Celui-ci devait essentiellement mettre en évidence la relation entre les fréquences des divers voyages des individus d'une zone et les fréquences entre cette zone et les autres. A l'objectif initial purement opérationnel s'est ajouté un second objectif méthodologique : la construction d'une théorie de la demande.

84. Le type de modèle simplifié retenu pour l'étude empirique montre que deux sortes d'informations étaient nécessaires concernant respectivement les fréquences individuelles de voyage et les trafics de zone à zone.

Les données correspondantes ont été recueillies lors de deux enquêtes différentes :

- l'une a été effectuée auprès d'un échantillon d'environ 2.500 ménages au domicile de ceux-ci. L'enquête a consisté à noter l'ensemble des voyages faits par l'individu interrogé vers des destinations situées à plus de 20 km (plus de 50 km pour Paris) durant l'année qui a précédé l'interview, à préciser les conditions dans

lesquelles s'est fait le dernier voyage de chaque type, enfin à enregistrer les réponses à un certain nombre de questions de motivation. L'ensemble de cette information a permis d'étayer l'analyse théorique de la demande de voyages, de justifier certaines approximations pratiques et d'ajuster les équations du modèle de comportement individuel ;

- la deuxième enquête a été effectuée dans les moyens de transport. Elle a été conduite de manière à fournir une représentation correcte des trafics totaux par mode et par motif pour chacun des couples origine-destination enquêtés. Cette information a d'abord permis de reconstituer approximativement, à l'aide de données existantes sur les autres couples origine-destination de la région, une matrice de trafics par mode et par motif. En comparant cette matrice aux trafics théoriques que l'on constaterait si le modèle de comportement individuel s'appliquait à tous les individus de la zone d'origine, on en a déduit une matrice de coefficients d'attraction de zone à zone.

Spécification du modèle utilisé

85. L'approche par le moyen de l'analyse du comportement de l'individu en matière de décision de voyage a permis de fixer la structure d'un modèle opérationnel en retenant les constatations essentielles suivantes :

- la décision d'entreprendre ou de ne pas entreprendre un voyage est la phase ultime du choix et se traduit par la fréquence annuelle ;
- les décisions sur le mode et sur la destination sont prises dans un ordre qui ne dépend que de la catégorie d'individus ;
- l'explication du choix d'une destination particulière apparaît dans le coefficient d'attraction.

D'autre part, on a considéré que l'utilité totale de l'univers de choix, c'est-à-dire de l'ensemble des options entre lesquelles un individu fait des choix, pouvait être mesurée approximativement par le couple formé par le nombre de destinations auxquelles l'individu s'est rendu en une année et l'éloignement de la plus éloignée d'entre elles.

86. Certaines hypothèses simplificatrices ont cependant été admises. Elles concernent :

a) les types de voyages, qui ont été classés comme suit :

- voyages pour le travail ;
- voyages personnels de plus de quatre jours ;
- voyages personnels de moins de quatre jours vers la maison de week-end ;
- autres voyages personnels de moins de quatre jours .

L'exploitation a uniquement porté sur les voyages pour le travail et les voyages personnels de moins de quatre jours ;

b) les types de localisation.

Les 25 zones d'enquête ont été agrégées et les équations du modèle ont été ajustées en triant les ménages sur six types de localisation.

Le zonage effectué pour le calcul des coefficients d'attraction comporte 74 zones dont 67 recouvrent la région de l'axe ;

c) les types de voyageurs.

Les voyageurs ont été répartis en quatre catégories obtenues par le croisement des deux caractères : possession d'une voiture et utilisation du train au cours des douze derniers mois.

On a écarté la catégorie "non-possesseurs de voiture n'utilisant pas le train" ;

d) le calcul des coûts et des temps.

Dans l'estimation de ces valeurs, on a cherché à atteindre la meilleure précision possible avec l'information dont on disposait et qui ne tenait compte ni des caractéristiques des conducteurs ni de l'heure à laquelle le voyage était effectué.

Ajustement du modèle

87. Les équations ajustées correspondent respectivement :

- au choix du mode ;
- aux variables intermédiaires ;
- à la fréquence annuelle ;
- aux coefficients d'attraction .

En ce qui concerne le choix du mode, il ressort de l'étude que la captivité de la demande d'un individu vis-à-vis de la voiture particulière est très liée aux variables individuelles suivantes (classées par ordre d'importance décroissante) :

- absence de réduction sur les tarifs des transports en commun ;
- catégorie socio-professionnelle ;
- chef de ménage (ou son épouse) ;
- faible attachement pour le train ;
- famille nombreuse .

Dans le cas des voyages personnels, les variables qui expliquent le mieux le choix du train pour les individus non captifs sont :

- le motif du voyage ;
- le rapport des coûts en voiture et en train ;
- la ville-destination .

Le choix du mode pour les voyages de travail dépend surtout des rapports des temps de parcours par les divers modes et du mode de remboursement des frais de voyage.

On a également essayé de relier les variables retenues pour représenter l'univers de choix aux caractéristiques micro-économiques des individus.

En ce qui concerne la fréquence annuelle des voyages, on a pu déterminer pour chaque localisation, chaque motif, chaque mode une loi de fréquence fonction du coût et du temps pour calculer (séparément) les variations de trafic induites par des modifications du coût ou du temps sur un mode.

Résultats et commentaires

- Les élasticités

88. On peut calculer les élasticités de la fréquence et de la probabilité de choix du mode par rapport aux coûts et temps et à la distance.

L'élasticité de la fréquence par rapport au coût du transport a les valeurs moyennes suivantes :

- voyages de travail : - 0,2 (1)
- voyages personnels en voiture : - 0,5
- voyages personnels en train : - 0,3 .

Coût du voyage et durée étant, sur un même mode de transport, extrêmement corrélés ($R = 0,96$), il n'a pas été possible, dans les délais disponibles, de séparer l'effet sur la fréquence de la durée d'une part et du coût de l'autre. Les élasticités présentées ici sont calculées en introduisant comme seule variable indépendante dans les régressions, le coût.

89. L'élasticité de la probabilité de choix du train est plus difficile à interpréter. Ce n'est pas exactement une élasticité de substitution, puisque les fréquences de voyage en train et en voiture ne sont pas les mêmes. Par rapport au coût en train, les coûts en voiture étant maintenus constants, elle prend les valeurs moyennes suivantes :

- voyages de travail : 0
- voyages personnels : - 0,05 .

Par rapport aux variations du temps en train, les élasticités prennent les valeurs moyennes suivantes :

- voyages de travail : - 0,41
- voyages personnels : - 0,34 .

Les résultats sont assez nets : les individus semblent beaucoup plus sensibles, pour le choix du mode de transport, aux variations de durée du transport qu'aux changements de prix.

(1) Cette valeur signifie que si le coût augmente de 10 %, la fréquence diminue de $10 \times 0,2 = 2\%$.

Cet écart est encore plus important pour les voyages de travail que pour les voyages personnels.

- Valeur du temps

90. L'équation de choix du mode donne la valeur du temps pour les personnes que l'on peut considérer comme ayant réellement le choix entre la voiture et le train. Les résultats obtenus sont les suivants :

- 4,72 FF/h pour les visites aux parents et amis ;
- 3,79 FF/h pour les voyages de vacances et tourisme ;
- 9,15 FF/h pour les voyages de travail.

Ces chiffres montrent l'importance que présente le motif du voyage pour la valeur du temps. L'effectif de l'échantillon étudié a été trop faible pour réaliser une analyse croisée suivant le revenu et le motif.

- Coefficients d'attraction

91. Il semble que les résultats des ajustements et de l'analyse psycho-sociologique se conjuguent pour confirmer la forme générale du modèle adopté. En effet, le haut degré de signification des coefficients d'élasticité par rapport aux variables "coût" et "durée", en ce qui concerne tant la fréquence que le choix du mode, montre que l'information fournie par l'enquête auprès des ménages est valable pour apprécier les tendances.

Par contre, les coefficients de régression ne sont jamais très satisfaisants. Les données de l'enquête auprès des ménages ne sont pas à l'abri d'un biais systématique (surestimation ou sous-estimation) et d'une erreur aléatoire assez forte. Une correction devrait

pouvoir être effectuée au moyen des résultats des enquêtes origine-destination, dont il conviendrait cependant de perfectionner la technique.

Conclusion

92. L'objectif méthodologique qui était assigné à l'étude de la demande de transports de personnes a été atteint. L'approche nouvelle du problème du choix du mode qui a été adoptée et qui repose sur l'analyse du comportement de l'individu et de ses mécanismes de décision a permis de mieux cerner l'influence d'un certain nombre de variables qui avaient, par la force des choses, été négligées dans les études classiques de type macroéconomique. Il a été ainsi possible de montrer l'importance essentielle de la notion de captivité de la demande vis-à-vis d'un mode de transport déterminé ainsi que la variation de la valeur que les individus attachent au temps en fonction non seulement de leur revenu et de leur catégorie socio-professionnelle, mais également du motif du voyage.

Par ailleurs, l'introduction des concepts de fréquence de voyage et d'univers de choix individuel s'est révélée féconde pour séparer, dans la consommation de transport telle qu'on peut la constater, les effets dus aux conditions géographiques (position des zones les unes par rapport aux autres, degré d'urbanisation) et les effets dus aux conditions de transport. Pour aller plus loin dans cette voie, il serait cependant nécessaire d'analyser des séries temporelles.

La détermination des élasticités de la demande par rapport aux tarifs s'est heurtée à une difficulté majeure. Dans l'explication des fréquences de voyages, il n'a pas été possible de séparer les effets des modifications de prix des effets de modification de durées des transports. Cela est dû au fait que prix et durée pour un mode de transport donné, à un instant donné et au départ d'une zone donnée

sont étroitement corrélés. On a dû établir des modèles distincts donnant la fréquence en fonction du coût ou de la durée.

Le même problème se pose pour l'explication du choix du mode. On a cependant pu mettre au point des méthodes d'estimation directe de la valeur attribuée par les usagers au temps en considérant des situations où un arbitrage est effectué entre prix et durée. Dans ce cas, ces deux facteurs, contrairement à ce qui se passe pour la fréquence où ils sont complémentaires, sont substituables.

Chapitre 31 : Demande de transport de marchandises

93. Le chapitre 31 traite de la demande de transport de marchandises.

L'étude qui a été réalisée à ce sujet avait pour objet, dans une perspective à court terme, de déterminer les facteurs régissant le choix du mode et de définir, dans la mesure du possible, à l'aide de modèles formalisés l'incidence d'une modification des tarifs sur le niveau d'utilisation des différents modes de transport.

Elle comporte une analyse des décisions des agents économiques concernant le choix du mode de transport dans l'hypothèse que la matrice des flux, tous modes de transport confondus, reste inchangée et que seule une substitution entre modes de transport est possible. Cette hypothèse découle directement du fait que l'étude est placée dans la courte période.

Déroulement de l'étude

94. L'étude s'est déroulée en trois phases.

En premier lieu, on a procédé à une enquête auprès de cent vingt établissements industriels et commerciaux. Son objet principal était de mettre en évidence la structure des critères de choix du mode de transport de façon à obtenir les éléments qualitatifs nécessaires pour la construction des modèles et l'organisation des calculs statistiques.

En second lieu, on a établi un cadre statistique adapté au problème. On s'est basé à cette fin d'une part sur les résultats de l'enquête, d'autre part sur l'analyse de la structure des diverses tarifications en vigueur.

En troisième lieu, on a ajusté des modèles de demande de transport en séparant les transports lourds et les transports légers, puis on a testé la validité des paramètres statistiques obtenus. L'analyse des facteurs régissant le choix du mode de transport a permis enfin de tirer des conclusions générales quant à la demande de transports lourds et de transports légers.

Résultats

95. L'enquête a montré que :

- a) le coût direct de transport, c'est-à-dire la somme du coût du transport principal, des coûts de chargement et de déchargement ainsi que des coûts des transports terminaux éventuels, est le facteur primordial de choix, surtout pour les réceptions, c'est-à-dire lorsque le mode est choisi par le destinataire ;
- b) la souplesse et le délai jouent le rôle le plus important après les coûts, surtout pour les expéditions .

La souplesse se caractérise par la faculté d'adaptation sans retard d'un mode aux variations de la demande de transport, qu'il s'agisse de variations dans le temps ou de variations de la taille des expéditions.

.../...

Quant au délai, il a été admis qu'il pouvait se définir comme étant la durée qui sépare l'instant où le moyen de transport est mis à la disposition de l'expéditeur, de l'instant où l'objet transporté est mis à la disposition du destinataire ;

- c) une série de facteurs plus ou moins importants sont évoqués de façon occasionnelle, mais généralement comme facteur secondaire. On peut citer notamment parmi ceux-ci, d'une part, la sécurité du service, c'est-à-dire l'assurance pour le destinataire de recevoir la quantité de marchandises désirée au jour ou à l'heure fixés à l'avance, ou encore l'assurance de recevoir la marchandise sans détérioration, et, d'autre part, la régularité, qui est liée soit à la fréquence des expéditions, soit à la très faible dispersion des délais d'acheminement.

La définition des variables explicatives à introduire dans les modèles formalisés implique qu'on classe les produits en catégories homogènes au vu des motivations déterminant le choix du mode de transport. Les produits ont donc été regroupés en grandes catégories homogènes tant du point de vue de la nature des produits que des facteurs de choix du mode de transport.

Modèles de demande et base statistique

96. Comme il vient d'être indiqué, l'enquête a montré que la variable explicative du choix du mode de transport le plus souvent citée par les entreprises était le coût, suivi de la souplesse et de la durée (la notion de souplesse étant liée d'ailleurs à celle de durée). Aussi a-t-on cherché à vérifier ces résultats d'enquête en construisant des modèles de substitution dont les variables explicatives sont le coût et la durée.

De plus, on a préféré ajuster des modèles ayant un nombre limité de variables explicatives (une ou deux), de façon que l'interprétation des résultats reste aussi claire que possible.

97. A cette fin, on a mis en relation des transports entre modes concurrents possédant en commun le nombre maximum d'éléments caractéristiques, ce qui a conduit à stratifier les transports en un grand nombre de catégories homogènes au regard des paramètres non introduits explicitement dans les modèles.

L'établissement de la base statistique a nécessité le traitement mécanographique de plus de dix millions d'expéditions pour le chemin de fer et de près de deux millions pour la route. De plus, il a fallu rendre homogènes les données avant de procéder à l'ajustement des modèles.

98. Les modes de transport considérés sont :

- la voie d'eau, qu'il s'agisse de transports pour compte d'autrui ou de transports pour compte propre ;
- la voie ferrée, où l'on a distingué les transports légers (120 tonnes et moins) et les transports lourds ;
- la route : l'exploitation a été limitée aux transports pour compte d'autrui à plus de 150 km, les seuls pour lesquels des feuilles de route sont établies. Les transports pour compte propre, pour lesquels on ne possède que peu de renseignements significatifs, ont été complètement éliminés du champ de l'étude.

Analyse des facteurs du choix du mode de transport et résultats de l'application du modèle

- Transports lourds

99. Les transports lourds se caractérisent par des volumes importants et sont concentrés sur un faible nombre de relations.

L'examen, à l'échelle des relations de département à département, de l'évolution de la structure du "trafic bimodal", c'est-à-dire du trafic assuré conjointement par deux modes de transport, a permis de dégager les constatations suivantes :

- a) En dehors du cas particulier du transport par pipe-line, tout caractère de bimodalité du trafic disparaît lorsque l'on considère des expéditions d'établissement à établissement. Un examen des rares cas où l'analyse statistique indiquait que les deux modes de transport en concurrence ont été utilisés au cours de l'année 1966 a montré qu'une telle utilisation sur une relation ponctuelle donnée relève de la complémentarité entre modes et non de la concurrence.
- b) Le coût de transport sur une relation ponctuelle considérée constitue le motif déterminant du choix du mode de transport. Le coût de transport pris en compte par les entreprises est, dans presque tous les cas, le coût direct tel qu'il a été défini au point 95 sous a).

100. Le processus de décision au niveau des expéditions entre établissements est un processus de tout ou rien. Comme d'autre part le nombre de relations sur lesquelles s'effectuent des transports lourds est très restreint, il apparaît que le modèle de décision le plus adapté à ce genre de transports est le modèle microéconomique de choix par tout ou rien, c'est-à-dire un modèle basé sur l'hypothèse que chaque centre de décision choisit le mode de transport qui minimise la somme des désutilités attachées au transport de la marchandise (prix, durée, fréquence, conditionnement, assurance, etc.).

L'application du modèle à un nombre de situations aussi diverses que possible et pour un nombre étendu de produits, montre que les résultats obtenus sont conformes dans la quasi-totalité des cas à la règle de choix énoncée.

On a toutes les raisons de penser que le modèle est généralisable et peut être appliqué à l'ensemble des transports. Le problème pratique qui resterait à résoudre pour une telle généralisation est celui de l'organisation des calculs, dont l'ampleur est extrêmement considérable.

- Transports légers

101. Par opposition aux transports lourds, les transports légers sont plus diffus et représentent des tonnages beaucoup plus faibles sur les relations ponctuelles considérées.

L'enquête a montré que les facteurs de choix prépondérants du mode de transport sont le coût et la durée de transport. Comme pour les transports lourds, le coût pris en compte par les entreprises est, dans la plupart des cas, le coût direct, tandis que la durée de transport est l'intervalle de temps séparant l'instant où le moyen de transport est mis à la disposition de l'expéditeur de l'instant où la marchandise est mise à la disposition du destinataire.

102. Ainsi que cela a déjà été précisé, on a préféré retenir des modèles ayant un nombre limité de variables explicatives, de façon que l'interprétation des résultats reste aussi claire que possible.

La forme de ces modèles est la suivante⁽¹⁾ :

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = a + b (\text{CF} - \text{CR}) \quad (\text{forme A1})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = a + b (\text{CF} - \text{CR}) + c (\text{DF} - \text{DR}) \quad (\text{forme A2})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = a + c (\text{DF} - \text{DR}) \quad (\text{forme A3})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = a + b \text{Log } \frac{\text{CF}}{\text{CR}} \quad (\text{forme B1})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = a + b \text{Log } \frac{\text{CF}}{\text{CR}} + c \text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}} \quad (\text{forme B2})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = a + c \text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}} \quad (\text{forme B3}) .$$

Ces modèles ont été ajustés systématiquement en pondérant chaque observation par la somme des tonnages fer et route sur la relation.

L'ajustement des modèles log-linéaires (forme A) et des modèles log-log (forme B) a montré que les deux types de modèles conduisent à des résultats assez semblables; aussi l'analyse ne porte-t-elle que sur les modèles en log-log qui indiquent directement la valeur des élasticités de substitution.

(1) Les notations utilisées ci-après ont la signification suivante :

- TF, TR = trafic par fer, par route ;
- CF, CR = coût direct par fer, par route ;
- DF, DR = durée du transport par fer, par route ;
- a = paramètre indicatif de la préférence donnée à un mode de transport indépendamment du coût et de la durée ;
- b = paramètre indicatif de la sensibilité aux prix ;
- c = paramètre indicatif de la sensibilité aux durées de transport.

L'ajustement statistique a permis d'obtenir des élasticités en prix et en durée dans huit dixièmes des cas.

103. On ne peut cependant porter un jugement définitif sur la qualité des modèles jugés acceptables ; en particulier, on ne peut pas conclure avec certitude à la généralisation de la validité des valeurs numériques des paramètres obtenus pour des transports concernant une zone géographique différente ou plus étendue. En effet, le nombre de modèles acceptables obtenus ne représente qu'une part du nombre total de modèles envisagés. Une raison pourrait en être le nombre relativement faible d'observations sur lesquelles a été ajusté un grand nombre de modèles.

Aussi une voie de recherche certainement intéressante consisterait-elle à étendre le champ géographique des transports, de façon à accroître le nombre d'observations relatives aux modèles étudiés. Cette voie présenterait en outre l'intérêt de montrer si les valeurs des paramètres obtenues sont stables ou, au contraire, dépendent fortement de l'échantillon géographique choisi. Il conviendrait ensuite de tester la stabilité des paramètres et la validité des modèles aux diverses hypothèses d'agrégation.

Cette voie de recherche n'est évidemment pas la seule envisageable.

Aussi, bien que l'approche suivie dans le cadre de l'étude pilote ait fourni des résultats intéressants, il serait souhaitable d'approfondir le problème de la substitution entre modes sur certains points, afin que l'on puisse considérer tous les résultats obtenus comme suffisamment fondés et généralisables.

REMARQUES FINALES

104. Au terme de cette présentation du rapport sur l'étude pilote, il paraît utile de présenter quelques remarques destinées à faciliter l'appréciation générale de cette étude ainsi que celle des divers systèmes étudiés du point de vue de leur applicabilité.

D'importants problèmes n'ont pas pu être abordés. D'autres questions exigent d'être approfondies tant sur le plan théorique que sur celui des méthodes de calcul avant que des solutions opérationnelles puissent être dégagées.

Mais l'étude pilote comporte également d'importants aspects positifs. Elle a permis de préciser les problèmes pratiques posés par l'application des systèmes étudiés et fourni de la sorte des éléments d'information d'une très grande utilité, qui sont de nature à guider l'orientation des travaux et des mesures ultérieures dans le domaine de la tarification de l'usage des infrastructures.

Principales lacunes et insuffisances de l'étude pilote

105. La plus importante de ces lacunes est celle signalée au point 7, litt. d). Si l'on fait abstraction d'un certain nombre de développements théoriques, l'étude pilote ne porte que sur les infrastructures de rase campagne et ne concerne pas les voies de communication à l'intérieur des agglomérations. Or, il ne fait pas de doute que ces dernières soulèvent des problèmes de nature souvent fort différente de ceux qui se posent en rase campagne; vu le développement de plus en plus rapide de l'urbanisation et de la circulation dans les villes, leur importance ne saurait être sous-estimée.

En présentant au Conseil une proposition de décision modifiant certaines dispositions de la décision n° 65/270/CEE⁽¹⁾, la Commission a tiré les conséquences de cet état de choses; elle a proposé en effet que l'accent soit désormais mis sur l'examen des problèmes urbains et qu'à cette fin les études sur des cas particuliers à effectuer par les Etats membres portent exclusivement sur la tarification de l'usage des infrastructures routières dans les agglomérations.

106. Le calcul des coûts marginaux de congestion de la route qui a été effectué n'est valable que pour des situations de circulation d'importance faible et moyenne. Il ne concerne pas les situations de circulation importante. En outre, les coûts marginaux de congestion n'ont pas pu être différenciés selon les catégories de véhicules, les mesures expérimentales actuellement disponibles ne permettant que des distinctions très sommaires.

107. Des problèmes analogues se posent en ce qui concerne les coûts marginaux d'accident. Là aussi, les données actuellement disponibles n'ont pas permis d'effectuer toutes les différenciations souhaitables entre catégories de véhicules, surtout en ce qui concerne les véhicules les plus lourds.

108. La question de l'évaluation des coûts des nuisances n'a pas pu être approfondie dans l'étude pilote. Certes, à l'heure actuelle, il ne semble pas exister de méthode opérationnelle permettant un calcul valable de ces coûts. Il n'en reste pas moins que ce problème réclame une solution, dans la perspective notamment de la tarification de l'usage de la voirie urbaine.

(1) Doc. COM (68) 524 final du 19 juillet 1968.

109. La répartition du déficit dans le système de l'équilibre budgétaire a été faite, à titre de première approximation, proportionnellement aux coûts marginaux sociaux. Il est apparu que cette méthode était fortement sujette à caution; mais il n'a pas été possible de mettre au point un modèle qui aurait permis de définir de façon précise la solution assurant une utilisation optimale des infrastructures sous la contrainte d'équilibre budgétaire.

110. Le problème de la répartition des coûts des infrastructures entre les diverses fonctions qu'elles remplissent dans le cadre du système du coût total n'a pas non plus reçu de solution entièrement satisfaisante. Les deux formules envisagées, qui prévoient cette répartition sur la base respectivement du coût d'installations distinctes pour chacune des fonctions et de l'utilité qu'y attachent les usagers, ne peuvent pas être considérées comme opérationnelles en raison de leur très grande complexité.

111. L'étude de la demande de transport et de sa sensibilité aux variations des prix présente elle aussi des lacunes.

Certes, elle a fait faire des progrès importants à la connaissance des phénomènes de choix du mode de transport et d'élasticité de la demande par rapport aux conditions de transport et notamment aux prix. Cependant, certains problèmes dont l'importance est capitale dans la perspective de la tarification de l'usage des infrastructures n'ont pas pu être abordés faute de données. Tel est en particulier le cas de la question du report de la demande d'une période de temps à l'autre. Or, la connaissance des élasticités correspondantes est essentielle pour la mise au point de mesures tarifaires destinées à faire face aux problèmes de congestion, notamment dans le domaine routier.

Éléments d'appréciation des divers systèmes

112. En dehors de l'importance considérable qu'elle présente sur le plan théorique grâce au fait qu'elle a permis d'élaborer concrètement les modalités de systèmes qui, très souvent, n'avaient guère dépassé le stade des principes généraux, l'étude pilote a le principal mérite d'avoir fait ressortir les difficultés d'ordre pratique que comporte la mise en oeuvre des divers systèmes étudiés et, par là-même, les limites qui sont fixées à leur application éventuelle.

Les indications qui sont données ci-après à ce sujet n'impliquent pas de jugement de valeur sur les systèmes étudiés sous l'angle de leur aptitude à servir de fondement à une politique commune de tarification de l'usage des infrastructures. Le critère de l'applicabilité n'est qu'un critère parmi d'autres qui régissent les choix à cet égard; d'ailleurs, afin de dissiper tout malentendu, il convient de souligner qu'il n'y a pas de système simple. Si l'on veut mettre en oeuvre une tarification valable de l'usage des infrastructures, il faut s'accommoder de solutions plus ou moins complexes, car les problèmes eux-mêmes sont complexes.

113. Le système des coûts marginaux sociaux exige la solution d'un nombre considérable de questions qui sont loin d'avoir pu être approfondies toutes dans l'étude pilote, ainsi qu'en témoignent les quelques indications qui ont été données dans les points précédents. Au stade actuel des connaissances et des informations, des hypothèses simplificatrices ont dû être faites dans l'exécution des calculs qui se sont traduites notamment par un manque de différenciation des coûts marginaux de congestion et des coûts marginaux d'accident selon les catégories de véhicules. Il est certain que la limitation de la différenciation des deux éléments de coût qui viennent d'être cités à trois grandes catégories de véhicules lourds seulement donne une image non entièrement exacte d'une réalité beaucoup plus complexe. Le

point important qui résulte de l'étude pilote est cependant le fait qu'il s'avère possible d'appliquer, sur une échelle très large, les méthodes de calcul qui ont été définies dans le cadre du système des coûts marginaux sociaux. Moyennant un effort raisonnable sur le plan des mesures expérimentales concernant les phénomènes de circulation, il devrait être possible de raffiner ces méthodes en vue de les rendre plus adéquates à saisir la complexité des phénomènes de coûts tout en leur conservant un caractère opérationnel.

114. En ce qui concerne le système des péages économiques, il est apparu que la détermination des péages purs suppose une connaissance détaillée des lois de demande, connaissance qui ne pourra pas être obtenue avant de nombreuses années. Malgré l'ampleur des recherches entreprises à ce sujet dans l'étude pilote, les péages purs n'ont pu être calculés directement et il s'est avéré nécessaire de les déterminer par référence aux coûts marginaux sociaux. Dans ces conditions, la question mérite d'être posée s'il est utile de poursuivre, sur le plan communautaire, les travaux sur ce système.

115. Le système de l'équilibre budgétaire n'appelle, sur le plan pratique, guère d'autres remarques que celles qui ont été présentées au sujet du système des coûts marginaux sociaux. Un seul point particulier est à relever; c'est celui de la répartition entre fonctions différentes des dépenses d'infrastructure dont il a été admis dans l'étude pilote qu'il comportait la même solution que le problème correspondant dans le système du coût total. Cette conclusion n'est pas très satisfaisante, étant donné les difficultés pratiques considérables rappelées au point 110, auxquelles se heurte précisément cette dernière solution.

116. Quant au système du coût total, les principales difficultés d'ordre pratique découlent de la nécessité d'établir des inventaires en valeur des installations d'infrastructure. Certes, la complexité

de ces inventaires peut être réduite quelque peu grâce à des hypothèses simplificatrices se traduisant par des regroupements et des agrégations d'éléments d'infrastructure; c'est la solution adoptée dans l'étude pilote. Malgré cela, l'établissement des inventaires a constitué une des tâches matérielles les plus considérables de toute l'étude pilote et, en dépit du soin qui y a été apporté par les services intéressés, il est difficile de se prononcer sur la valeur réelle des données obtenues.

Quant aux problèmes de répartition de coûts, il ne semble pas que leur solution doive se heurter à des obstacles sérieux, à la seule exception du problème de la répartition des coûts entre fonctions qui vient d'être signalé à propos du système de l'équilibre budgétaire. Sur ce point particulier, les méthodes envisagées dans l'étude pilote, sans que toutefois elles aient donné lieu à une application chiffrée, n'apparaissent ni l'une ni l'autre comme praticables.

Liste des personnes ayant participé aux travaux
relatifs à l'étude pilote

Ont participé aux travaux à titre de membres du Comité d'experts
gouvernementaux ou de fonctionnaires des services de l'administration
française et de la S.N.C.F. ⁽¹⁾ :

- pour la Belgique : MM. Jacques GIELEN, conseiller adjoint, ministère des communications
Frans VANDEVELDE, secrétaire d'administration, ministère des communications
- pour l'Allemagne : M. Eberhard MEYER, Regierungsdirektor, Bundesministerium für Verkehr
- pour la France : MM. Albert AURIGNAC, ingénieur, ministère de l'équipement (S.A.E.I.)
Jean-Michel BARNAY, ingénieur, ministère de l'équipement (S.A.E.I.)
Pierre DUPERT, inspecteur divisionnaire, S.N.C.F.
Maurice FOURNEYRON, ingénieur des travaux publics, ministère de l'équipement (S.A.E.I.)
Philippe GLUNTZ, ingénieur des ponts et chaussées, ministère de l'équipement (S.A.E.I.)
Raymond LEFAIX, ingénieur principal, S.N.C.F.
Raymond MONNET, ingénieur en chef hors classe, S.N.C.F.
Pierre PERROD, ingénieur des ponts et chaussées, ministère de l'équipement (S.A.E.I.)
Claude PRADON, ingénieur des ponts et chaussées, ministère de l'équipement (S.A.E.I.)
Christian VIDAL, ingénieur des travaux publics, ministère de l'équipement (S.A.E.I.)
- pour l'Italie : M. Pio PIZZO, direttore centrale, ministero dei trasporti
- pour le Luxembourg : M. René HEINERSCHIED, sous-directeur des ponts et chaussées
- pour les Pays-Bas : M. Adrianus RUHL, plv. Hoofd van de Afdeling Internationale Zaken, Directoraat-Generaal van het Verkeer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat

(1) Voir point 4, litt. a) et b).

Ont été chargés de l'examen de questions particulières ⁽¹⁾ :

- MM. Dr. Robert ADAMEK, Regierungsdirektor, Bundesministerium für Verkehr, Bonn
- Prof. Dr. Ing. Ilio ADORISIO, Straordinario di trasporti, Università di Cagliari
- Albert AURIGNAC, ingénieur, Centre de recherche S.A.E.I. - B.C.E.O.M., Paris
- Dott. Mario BIANCHI, ispettore capo superiore, direzione generale F.S., Roma
- Ir. J.A.C.TH. BROUWERS, Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft
- Pierre de DEMANDOLX, ingénieur des ponts et chaussées, ministère de l'équipement, Paris
- Ir. A.A. de JONGH, Rijkswaterstaat, 's-Hertogenbosch
- Dipl. Ing. Herbert DONITZ, Bundesministerium für Verkehr, Bonn
- Pierre DUBUS, ingénieur, direction générale de la S.N.C.B., Bruxelles
- Dr. Willi EFFMERT, Ministerialdirigent, Hauptverwaltung der DB, Frankfurt/Main
- Robert GARIN, ingénieur des ponts et chaussées, Centre de recherche S.A.E.I. - B.C.E.O.M., Paris
- Prof. Ing. Dr. Corrado GUZZANTI, Ordinario di tecnica ed economica dei trasporti, Università di Pisa
- Ir. Albert HUISMAN, Rijkswaterstaat, Den Haag
- Raymond LARTIGUE, ingénieur principal, S.N.C.F., Paris
- Philippe LEGER, ingénieur des ponts et chaussées, Laboratoire central des ponts et chaussées, Paris
- Raymond MONNET, ingénieur en chef hors classe, S.N.C.F., Paris
- Dipl. Ing. Egil NAKKEL, Regierungsbaudirektor, Bonn
- Emile QUINET, ingénieur des ponts et chaussées, ministère de l'équipement, Paris
- Drs. Teunis TIELEMAN, Economist, N.V. Nederlandse Spoorwegen, Utrecht
- Drs. J.B. VERMETTEN, Centraal Planbureau, Den Haag

(1) Voir point 4, litt. c).

P R O J E T

RAPPORT

SUR L'ETUDE PILOTE PREVUE A L'ARTICLE 3
DE LA DECISION DU CONSEIL N° 65/270/CEE DU 13 MAI 1965

(Communication de Monsieur BODSON)

.../...

PREMIERE PARTIE

LE CADRE GEOGRAPHIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ETUDE

Cette première partie est consacrée à la présentation de la zone géographique et des voies de communication qui font l'objet de l'étude pilote. Elle comporte trois chapitres.

Dans le chapitre 10 est indiquée tout d'abord la délimitation adoptée de la zone d'étude. Ce chapitre contient en outre un certain nombre d'indications permettant de situer le caractère et l'importance de la zone du point de vue démographique et économique.

Le chapitre 11 contient l'énumération des infrastructures étudiées, dont il précise les principales caractéristiques techniques. L'étude ne porte pas sur la totalité des infrastructures situées à l'intérieur des limites définies au chapitre 10. Pour des raisons d'ordre matériel, il a été nécessaire d'en écarter un certain nombre, principalement des routes d'importance secondaire.

Dans le chapitre 12 sont rassemblées les principales données permettant de caractériser l'utilisation des infrastructures : volumes annuels et journaliers de circulation, composition qualitative de la circulation, densités. Ce même chapitre contient des renseignements sur les volumes, les courants et la nature des trafics.

Bien que l'étude pilote soit limitée aux infrastructures de transport par chemin de fer, par route et par voie navigable, il a paru utile de fournir quelques indications d'une part sur les oléo-

ducs, dont l'importance est considérable pour l'économie des transports de la zone, et d'autre part sur les complexes portuaires de Rouen et du Havre, points de départ ou d'aboutissement d'une part importante des courants d'échanges intéressant la zone.

CHAPITRE 10

DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE - DONNEES DE
GEOGRAPHIE HUMAINE ET ECONOMIQUE

10.0 - Délimitation de la zone d'étude

La zone retenue pour l'étude pilote est située entre Paris et Le Havre. Elle est constituée par une bande de terrain de quelque cent soixante kilomètres de longueur et de soixante kilomètres dans sa plus grande largeur. C'est un plateau dont le niveau moyen s'établit aux environs de 150 à 200 mètres. La Seine et ses affluents (Epte, Andelle, Cailly, Eure) y ont gravé en creux un réseau hydrographique complété par les saignées des rivières côtières (la Risle et ses affluents, la Mordelle). De nombreuses forêts occupent les méandres de la Seine (forêt de St. Germain, forêt de Vernon, forêts de Bord, de Roumare, de Brotonne, etc.).

La zone d'étude ne couvre pas entièrement trois départements : l'ancien département de la Seine-et-Oise⁽¹⁾, la Seine-Maritime et l'Eure.

Pour éliminer les grandes difficultés de la détermination des trafics et des coûts d'infrastructure dans Paris et la proche banlieue parisienne, la zone d'étude a été limitée à l'est le long d'une ligne Pontoise, Achères, Poissy, Orgeval.

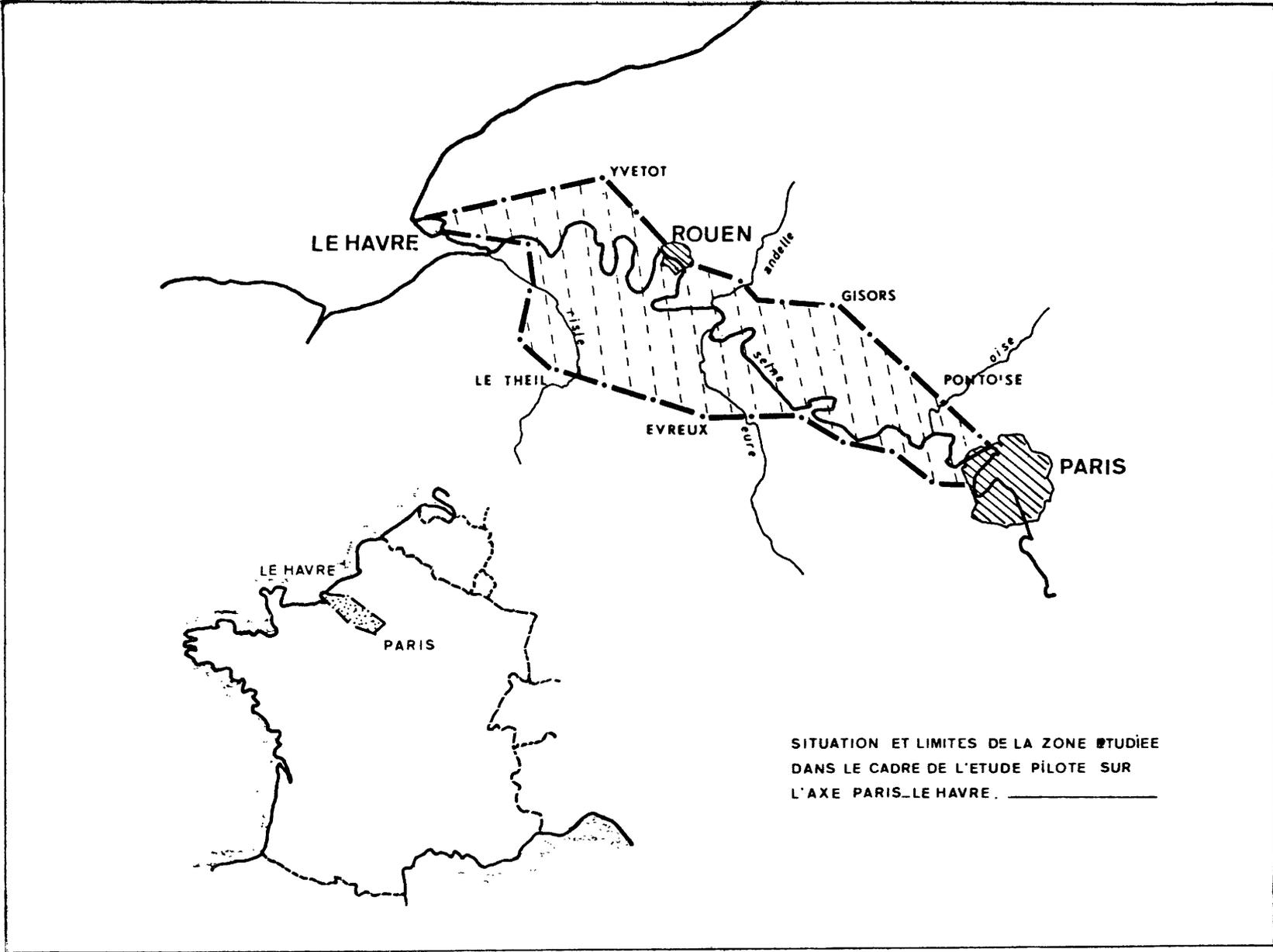
(1) Ce département a été partagé, par la loi de 1964, entre les trois départements de l'Essonne, du Val-d'Oise et des Yvelines, principalement.

Au nord, elle est limitée par les villes de Gisors, Fleury-sur-Andelle, Rouen, Yvetot, Bolbec, Le Havre.

Au sud, où l'on s'est le plus écarté de la Seine, la zone d'étude est limitée par les villes suivantes : Orgeval, Mantes, Evreux, Bernay, Pont-Audemer, Tancarville.

La carte page 5 représente la zone retenue.

Bien que Paris et sa proche banlieue ne soient pas compris dans la zone ainsi délimitée, les indications données dans la suite de cette partie les concerneront également, en raison du rôle primordial qu'ils jouent dans l'économie de toute la région.



SITUATION ET LIMITES DE LA ZONE ETUDIÉE
DANS LE CADRE DE L'ETUDE PILOTE SUR
L'AXE PARIS-LE HAVRE.

10.1 - Données sur la population

Le fait majeur du point de vue démographique est l'exceptionnelle concentration humaine de l'agglomération parisienne opposée au vide relatif du reste de la région, où la densité de population est parfois inférieure à 30 habitants au kilomètre carré. Les deux tableaux ci-dessous donnent les chiffres des derniers recensements disponibles pour les départements intéressés (le département de la Seine comprenant Paris et sa proche banlieue) :

Population totale (en milliers)

Départements	1891	1936	1954	1962	Variation 1954/1962
Seine	1.422,0	4.963,0	5.154,8	5.575,3	+ 8,2 %
Seine-et-Oise	472,6	1.413,5	1.708,8	2.301,7	+ 34,7 %
Eure	415,8	303,8	332,5	360,5	+ 8,4 %
Seine-Maritime	762,0	915,6	941,5	1.024,6	+ 8,8 %

Population rurale (en milliers) (1)

Départements	1856	1936	1954	1962
Seine-et-Oise	353,9	344,8	364,9	333,4
Eure	343,2	221,8	233,3	232,6
Seine-Maritime	456,4	312,8	307,0	314,8

(1) Population des communes de moins de 2.000 habitants.

Les départements les plus urbanisés - Seine-et-Oise, Seine-Maritime et, bien entendu, Seine - n'ont cessé de voir leur population augmenter, alors que l'Eure, où domine l'élément rural, n'a pas encore atteint le niveau de population de 1891.

La lecture de ces tableaux permet de saisir les deux faits essentiels de la démographie de la zone d'étude : l'exode rural et l'urbanisation.

En 1962, la population des agglomérations les plus importantes s'établissait aux chiffres suivants :

<u>Agglomérations</u>	<u>Populations</u>	:	<u>Agglomérations</u>	<u>Populations</u>
Paris ⁽¹⁾	7.700.000	:	Louviers	13.600
Rouen	325.000	:	Barentin	13.200
Le Havre	222.000	:	Bolbec	12.500
Evreux	41.742	:	Bernay	10.100
Elbeuf	40.800	:	Pont-Audemer	9.600
Mantes	34.300	:	Yvetot	8.300
Conflans-Sainte-Honorine	22.000	:	Gisors	6.700
Vernon	19.700	:	Les Andelys	6.600
Les Mureaux	19.087	:		

La répartition de la population active entre les catégories d'activités économiques est assez différente dans les deux régions qui intéressent l'étude pilote : la Haute-Normandie (départements de l'Eure et de la Seine-Maritime) et la région parisienne (départements de la Seine, de la Seine-et-Oise et de la Seine-et-Marne). Le

(1) District de Paris.

Le tableau ci-après renseigne sur les effectifs et leur répartition entre ces catégories ainsi que sur l'évolution de la structure de la population active entre 1954 et 1962.

Catégorie d'activités économiques	Effectifs 1962 en milliers		Répartition en % (1962)		Variation 1954/1962 (indice 100 en 1954)	
	Haute-Normandie	Région de Paris	Haute-Normandie	Région de Paris	Haute-Normandie	Région de Paris
Pêche et agriculture	93,5	64,5	16,9	2,5	77,5	69,2
Industries extractives	1,5	7,6	0,3	0,2	87,2	96,8
Bâtiment et travaux publics	52,6	302,0	9,6	7,6	97,6	132,5
Autres industries	170,8	1.417,3	31,0	35,8	112,2	104,4
Transports	39,7	229,1	7,2	5,8	99,5	115,5
Commerce	85,1	827,3	15,4	20,9	107,2	108,5
Services, banques, assurances	57,3	581,3	10,4	14,7	109,0	117,7
Administrations	50,5	529,6	9,2	13,4	117,6	121,5
Population active	551,0	3.958,7	100,0	100,0	101,4	110,7

10.2 - Données sur l'agriculture

La région a vocation particulière pour les productions animales mais peut tout aussi bien, compte tenu de son climat et de ses sols, exceller dans les productions végétales : céréales, cultures industrielles, fruits. La culture du lin textile, en particulier, est très développée.

Les structures d'exploitation subissent actuellement une évolution caractérisée par la diminution des petites et très petites unités (inférieures à 10 hectares) et l'augmentation des exploitations moyennes en Seine-Maritime et des grandes exploitations dans l'Eure.

Les principaux chiffres de production sont les suivants pour 1965 :

blé : 6,5 millions de quintaux ; avoine et orge : 4,35 millions de quintaux ; maïs : 0,22 million de quintaux ; betteraves industrielles : 9,4 milliers de quintaux ; pommes de terre : 1,54 millier de quintaux ; lin : 1,5 million de quintaux ; oléagineux : 0,1 million de quintaux ; fruits : 9.000 tonnes ; lait : 10,4 millions d'hectolitres ; viande : 90.000 tonnes.

10.3 - Données d'économie industrielle

Il convient de distinguer à cet égard entre la région parisienne et le reste de la zone d'étude.

En dehors des activités politiques, administratives, financières, commerciales, intellectuelles et artistiques, qui résultent de sa fonction de capitale, Paris remplit des fonctions industrielles très importantes. La structure des industries qui y sont établies est très diversifiée : industries mécaniques (700.000 personnes employées) ; industrie automobile (200.000 personnes) ; constructions électriques et électroniques ; industries des travaux publics et du bâtiment ; fabrication d'articles de luxe, de confection, de maroquinerie, etc. ; industrie chimique, parfumerie, produits pharmaceutiques ; industries polygraphiques (20.000 personnes employées) ; industries alimentaires (80.000 personnes employées).

En ce qui concerne la localisation de ces industries, on peut constater que les établissements du centre de Paris sont le plus souvent de dimensions modestes, les grandes entreprises étant situées en banlieue en général. Certaines industries sont localisées indifféremment à l'intérieur ou à l'extérieur de Paris. Tel est le cas par exemple des industries chimiques, alimentaires et mécaniques.

En ce qui concerne le reste de la zone d'étude, l'activité industrielle est principalement localisée dans la vallée de la Seine.

Entre les limites de l'agglomération parisienne à Sartrouville et Mantes, de nombreuses industries se sont établies. Aux cimenteries et plâtreries déjà anciennes sont venues se joindre les installations très importantes de l'industrie automobile.

Entre Mantes et Louviers, le site se prête peu à l'installation d'industries. Aux approches de cette dernière ville toutefois, à l'entrée de la zone d'influence de Rouen, sont implantées des industries nombreuses et variées. Ainsi, dans le secteur Louviers, Pont-de-l'Arche, Elbeuf, on trouve d'une part les industries traditionnelles de la laine, de l'habillement et de la chaussure, d'autre part des industries plus récentes et plus lourdes : métallurgie au Manoir, pâte de cellulose à Alizay, industries chimiques à Saint-Aubin-lès-Elbeuf, industrie automobile à Cléon. La vallée de l'Andelle, qui débouche dans ce secteur sur la rive droite de la Seine, est le siège de l'industrie du coton et de petites usines métallurgiques.

Il faut mentionner également Oissel et son industrie chimique et mécanique, ainsi que Saint-Etienne-du-Rouvray, qui fait partie de l'agglomération rouennaise proprement dite, qui possède un vaste ensemble industriel : métallurgie, constructions navales, chimie, production de pâte de cellulose, industries du coton et de l'habillement.

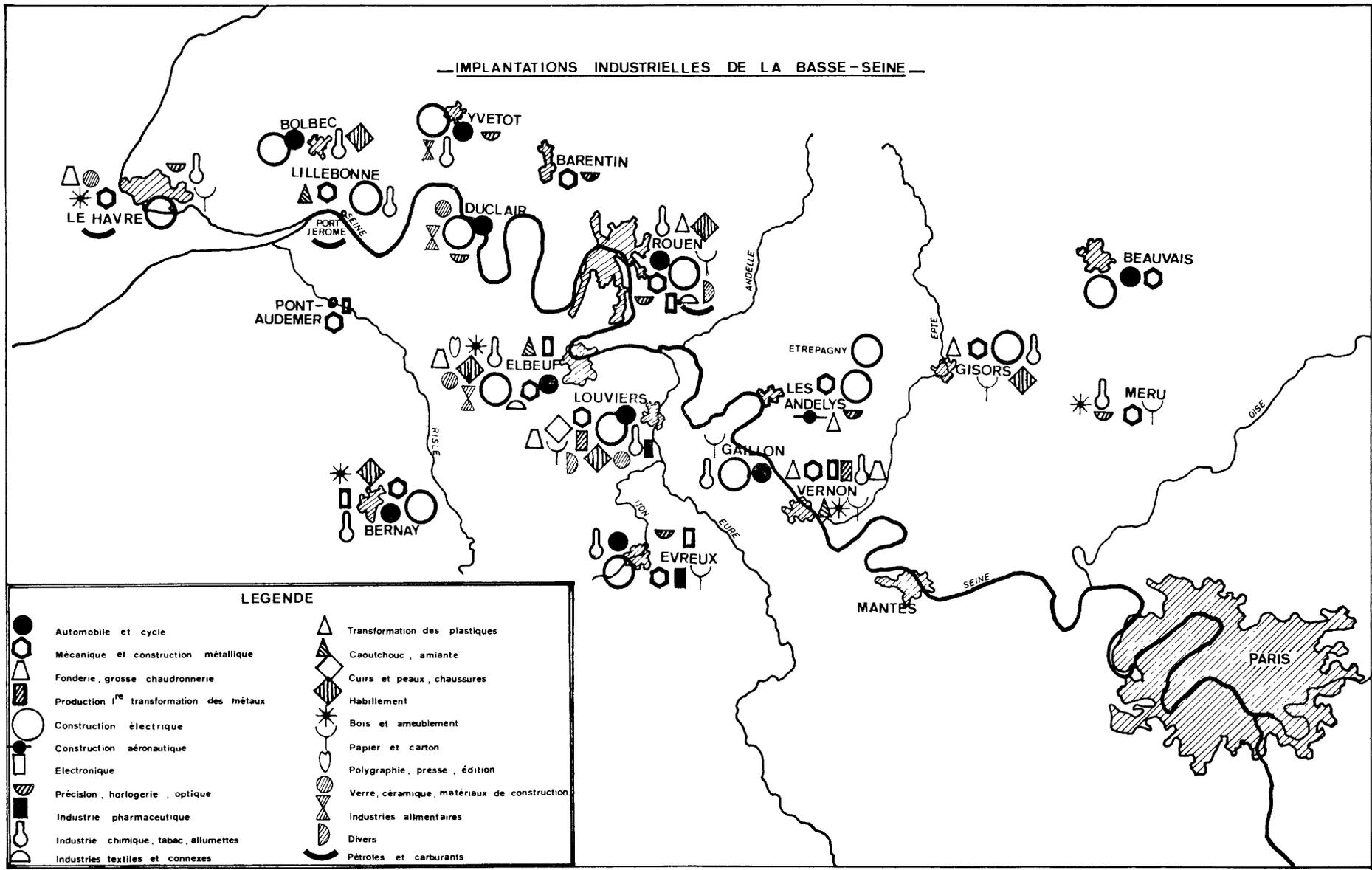
Entre Rouen et Le Havre s'échelonne le plus grand ensemble pétrolier de France et l'un des plus importants d'Europe ; approvisionné par oléoducs à partir du Havre, il comprend les raffineries de Petit-Couronne, Notre-Dame-de-Gravenchon, Port-Jérôme et Gonfreville-l'Orcher. Cette région est également un important centre de pétrochimie : production de caoutchouc synthétique, de matières plastiques, de fibres artificielles, d'engrais, etc. Cet ensemble imposant éclipse les industries anciennes qui se répartissent entre Rouen et le Havre et les vallées affluentes de la rive droite de la Seine : coton à Barentin et Pavilly, chantiers navals au Trait, habillement à Yvetot, habillement et coton à Bolbec. En outre, de part et d'autre de la Basse-Seine, on trouve un grand nombre de petites entreprises textiles traditionnelles (pays de Caux, le long de la Risle, etc.).

L'agglomération havraise enfin est un centre industriel de première importance : industrie pétrolière, industrie du textile et de l'habillement, chantiers navals, métallurgie, construction électrique, industrie chimique, industrie du bois, industrie automobile.

En dehors de la vallée de la Seine, il faut mentionner Evreux, dont l'essor industriel est remarquable (mécanique, électronique, pharmacie, etc.).

La carte page 12 illustre la localisation des industries dans la région de la Basse-Seine.

— IMPLANTATIONS INDUSTRIELLES DE LA BASSE-SEINE —



LEGENDE

	Automobile et cycle		Transformation des plastiques
	Mécanique et construction métallique		Caoutchouc, amiante
	Fonderie, grosse chaudronnerie		Cuir et peaux, chaussures
	Production 1 ^{re} transformation des métaux		Habillement
	Construction électrique		Bois et ameublement
	Construction aéronautique		Papier et carton
	Electronique		Polygraphie, presse, édition
	Précision, horlogerie, optique		Verre, céramique, matériaux de construction
	Industrie pharmaceutique		Industries alimentaires
	Industrie chimique, tabac, allumettes		Divers
	Industries textiles et connexes		Pétroles et carburants

CHAPITRE 11

DESCRIPTION TECHNIQUE DES INFRASTRUCTURES

Les cartes pages 13, 14 et 15 permettent de repérer les infrastructures incluses dans l'étude pilote dans chacun des trois départements de la zone d'étude.

11.0 - Lignes de chemin de fer

Les lignes de chemin de fer étudiées sont les suivantes :

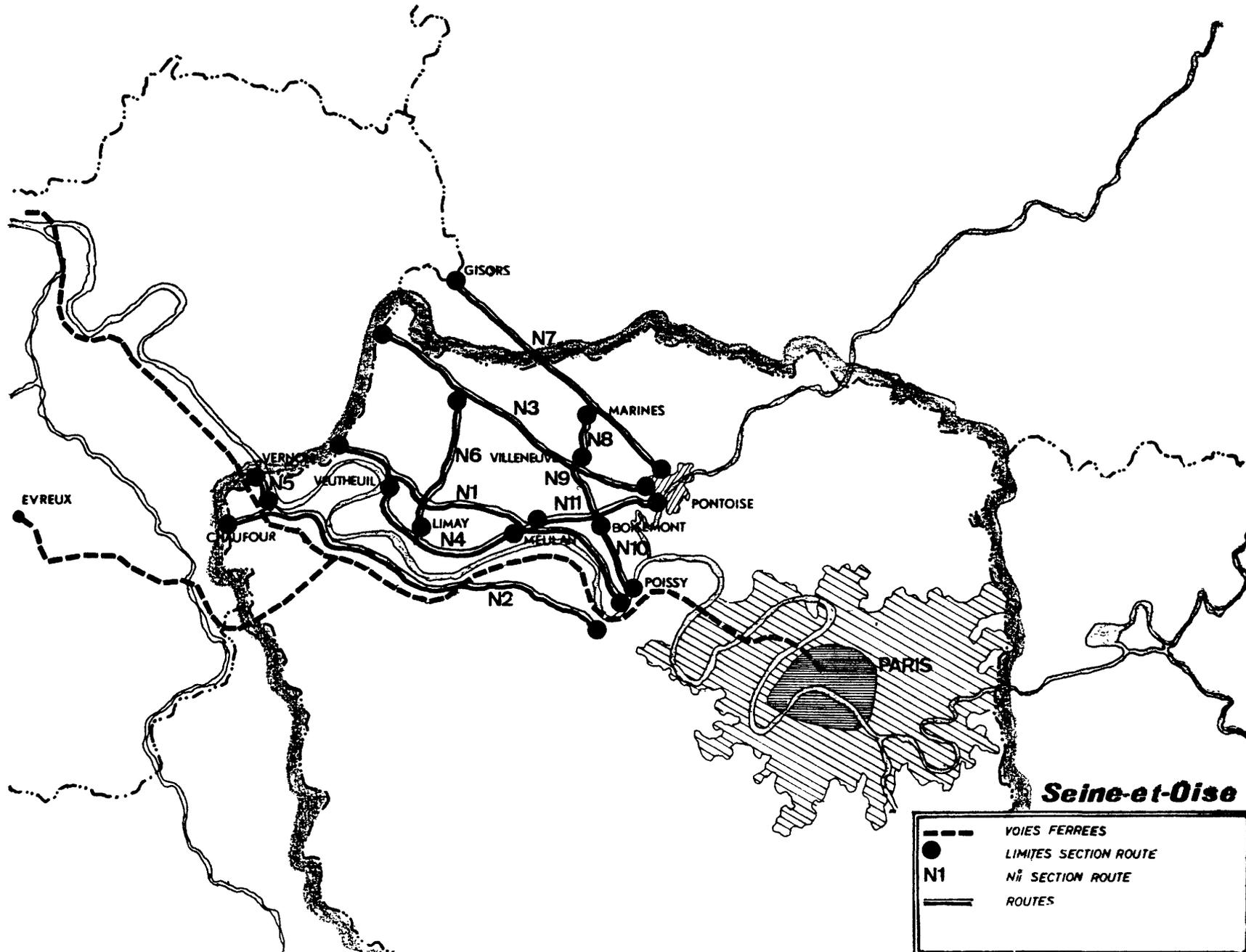
- la ligne principale Paris - Rouen - Le Havre, à partir de la sortie du triage d'Achères (la ligne Mantes - Saint-Lazare par Conflans-Sainte-Honorine, qui suit la rive droite de la Seine, n'a pas été étudiée) ;
- la ligne Elbeuf - Oissel ;
- la ligne Bréauté - Beuzeville - Notre-Dame-de-Gravenchon.

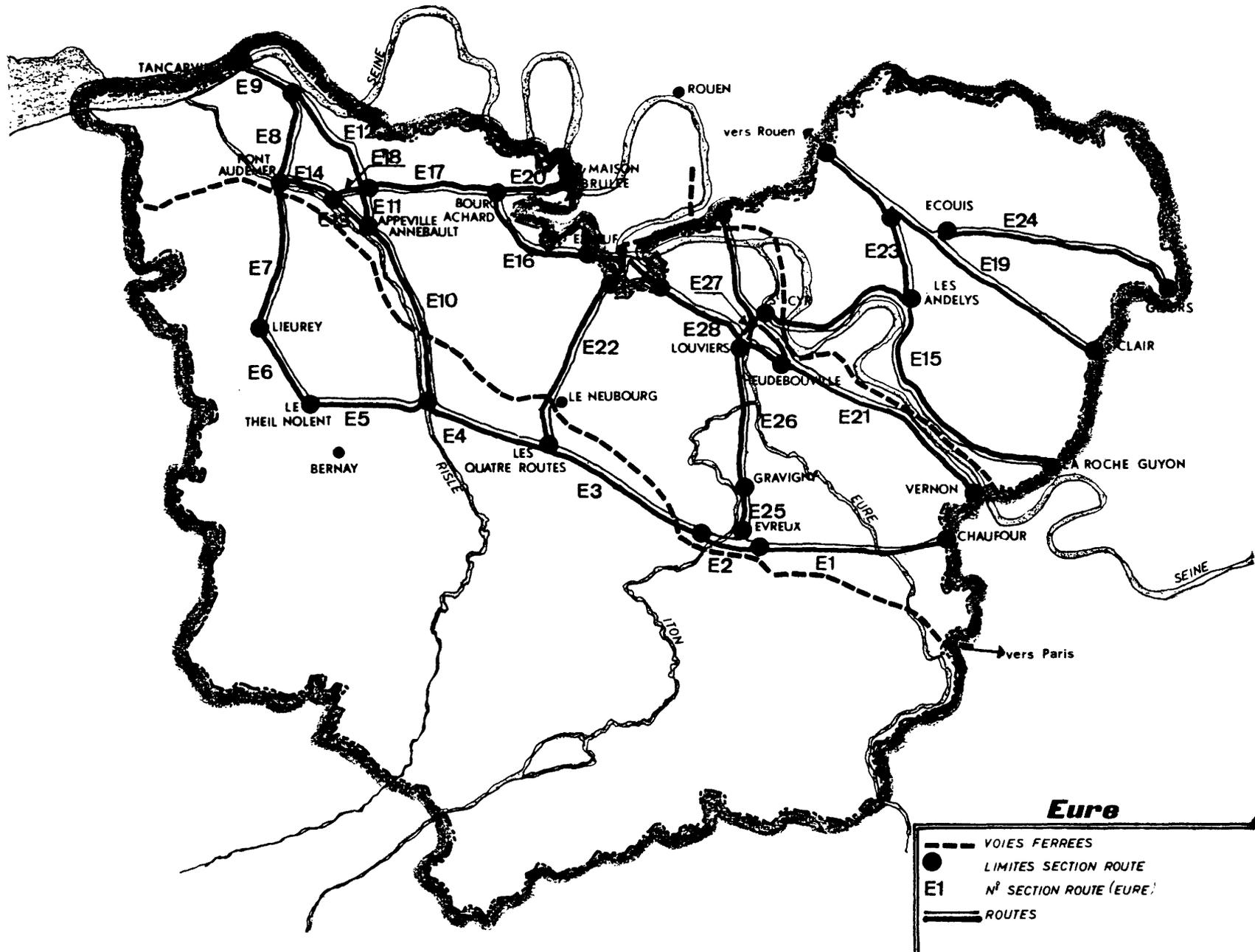
11.00 - Ligne Paris - Le Havre

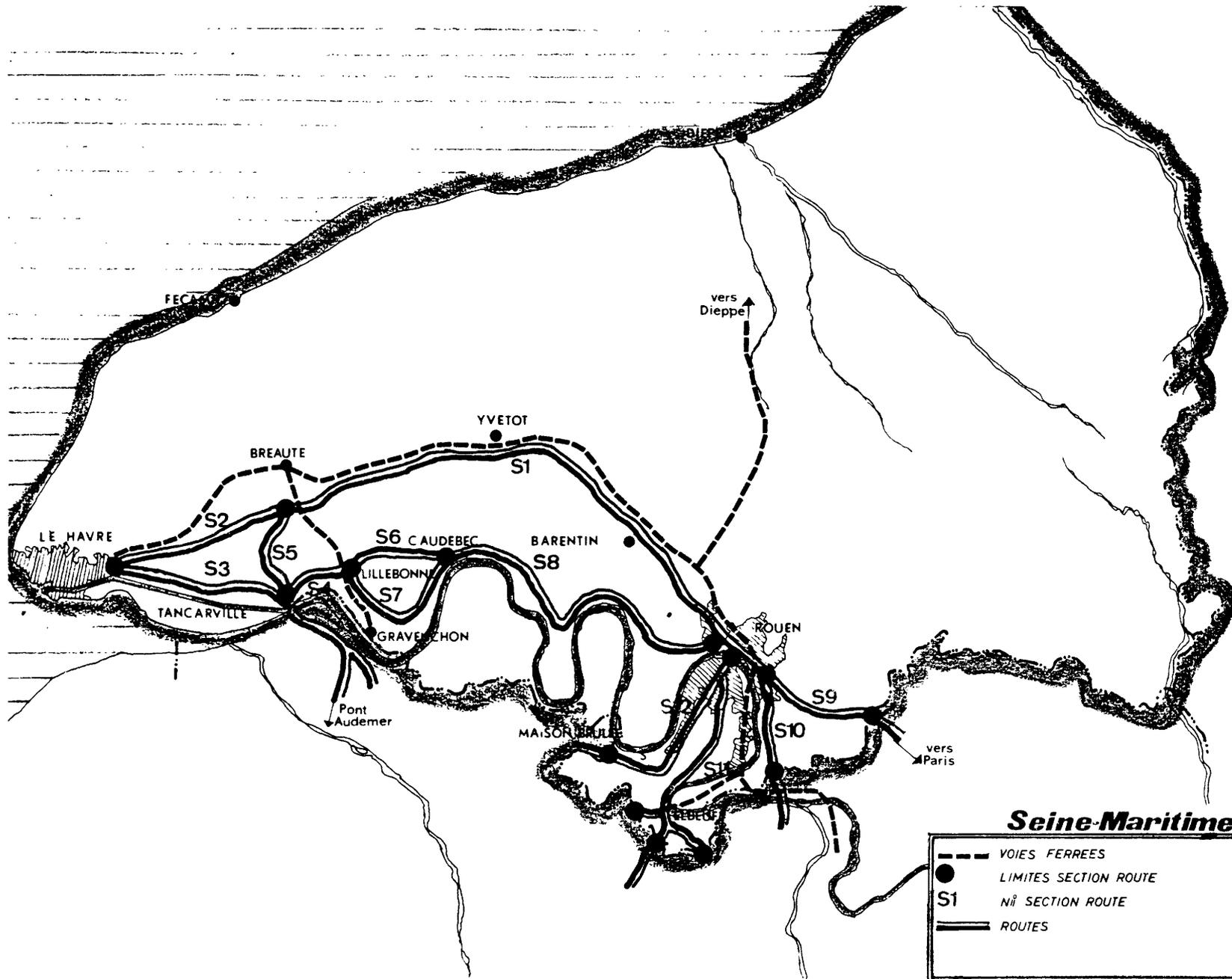
Les travaux d'électrification de cette ligne - en courant monophasé 25.000 volts 50 périodes - ont commencé en octobre 1961 ; ils ont été terminés à la fin de 1967.

La ligne a été prise en considération dans l'étude, comme il est dit plus haut, à partir de la sortie du triage d'Achères (42 voies de triage avec raccordement au chemin de fer de grande ceinture de Paris et à la gare de marchandises de La Folie), située au PK 21, jusqu'au Havre raccordement maritime compris (PK 230,00), soit pour une longueur de 209 km.

.../...







Seine-Maritime

---	VOIES FERREES
●	LIMITES SECTION ROUTE
S1	N ^o SECTION ROUTE
—	ROUTES

Cette ligne comprend deux voies principales, avec passage à quatre voies de Vernon à Gaillon sur 13 km, trois voies d'Oissel à Saint-Etienne-du-Rouvray sur 6 km, quatre voies de Saint-Etienne-du-Rouvray à Sotteville sur 4 km, trois voies sur 3 km et quatre voies sur 2 km entre Allouville et Foucart.

La ligne comporte aussi trois ou quatre voies au voisinage des embranchements particuliers (une trentaine de groupes) dont les plus importants sont ceux qui desservent les usines de construction automobile à Poissy, Flins et Cléon et les raffineries de pétrole entre Rouen et Le Havre.

L'ensemble de la ligne est équipée du bloc automatique lumineux.

Elle est entièrement régulée, les postes de régulation se trouvant à Paris-Saint-Lazare et à Rouen-Rive-Droite.

En plus du triage d'Achères, la ligne dessert quatre autres triages : Le Havre-Soquence, Rouen-Rive-Gauche, Verneuil et, surtout, Sotteville qui, avec ses 40 voies (et, dans l'avenir, 48) est le triage le plus important de la région Ouest avec une capacité maximale de triage de 5.000 wagons en régime ordinaire et 1.200 en régime accéléré (plus 650 à Rouen-Rive-Gauche). Deux de ces triages ont été inclus dans l'étude : Le Havre-Soquence et Sotteville.

Il faut noter que la présence de la Seine et d'autres obstacles naturels a rendu nécessaire la construction d'ouvrages d'art très importants, parmi lesquels il faut citer notamment :

- les viaducs d'Eauplet (400 m), de Barentin (476 m) et de Mirville (520 m) ;
- les tunnels de Rolleboise (2.640 m), Roule (1.726 m), Venables (414 m), Tourville (500 m), Sainte-Catherine (1.055 m), Beauvoisine (1.340 m), Saint-Maux (1.074 m), Mont-Riboudet (352 m), Grand et Petit-Pissy-Poville (2.204 m et 227 m).

Les rampes maximales sont, dans le sens Paris-Le Havre, de 5 ‰ entre Paris et Rouen et de 6 ‰ entre Rouen et Le Havre et, dans le sens Le Havre-Paris, de 8 ‰ entre Le Havre et Mantes et de 5 ‰ entre Mantes et Paris.

Avant électrification, la vitesse maximale autorisée était de 130 km/heure pour les trains de voyageurs et de 70 km/heure pour les trains de marchandises. Après électrification, cette vitesse s'élève respectivement à 150 km/heure et à 70 km/heure.

La charge maximum des trains de voyageurs est limitée à 500 tonnes en raison de la longueur des quais de Saint-Lazare et de Rouen-Rive-Droite.

Celle des trains de marchandises ressort du tableau ci-dessous :

SECTIONS	Type de locomotive	
	BB 16500	BB 17000
Achères - Sotteville et vice versa	2.000 tonnes (1)	2.490 tonnes
Sotteville - Le Havre	2.000 tonnes (1)	2.090 tonnes
Le Havre - Sotteville	1.800 tonnes (1)	1.750 tonnes

(1) Il serait possible de remorquer 2.500 tonnes, sauf sur la section Bréauté - Le Havre.

La charge maximum par essieu est de 20 tonnes.

Quant à l'armement de la voie, il se présente comme suit :

- sur 376 km de voies : rails de 50 kg/m U 36 de 18 à 36 mètres, 1.722 traverses par km ;
- sur 105 km de voies : rails de 50 kg/m U 36 en barres longues soudées, 1.750 traverses par km ;
- sur 21 km de voies : rails de 55 kg/m U 39 de 18 à 36 mètres, 1.722 traverses par km ;
- sur 10 km de voies : poses diverses.

La voie et les équipements d'annonce et de signalisation permettent :

- la circulation des wagons à très grande charge ;
- la circulation des trains en avance ;
- la dispense de gardiennage du frein à vis de queue des trains.

11.01 - Lignes Elbeuf - Oissel et Bréauté - Notre-Dame-de-Gravenchon

Les deux lignes Elbeuf - Oissel (7,900 km) et Bréauté - Notre-Dame-de-Gravenchon (18,200 km) ne sont pas électrifiées. La seconde est à voie unique, alors que la première, dont le trafic est plus important, est à double voie.

Les principales caractéristiques techniques de ces deux lignes sont les suivantes :

Ligne Elbeuf - Cissel :

- Système de bloc : bloc manuel par appareils
- Vitesses maximales :
 - rapides, express et autorails : 120 km/heure
 - autres trains de voyageurs et trains de messageries : 100 km/heure
 - trains de marchandises : 70 km/heure
- Charge maximum des trains :
 - trains de messageries : 700 tonnes
 - trains de marchandises : 1.150 tonnes
 - trains de voyageurs : autorails ou rames à grand parcours
- Charge maximum par essieu : 20 tonnes
- Armement : rails U 33 de 18 ou 36 mètres

Ligne Bréauté - Notre-Dame-de-Gravenchon

- Système de bloc : cantonnement téléphonique
- Vitesse maximale : 50 km/heure pour toutes les circulations
- Charge maximum des trains :
 - trains de marchandises : 1.250 tonnes
(avec une locomotive)
 - trains de voyageurs : autorails ou rames légères de 125 tonnes
- Charge maximum par essieu : 20 tonnes
- Armement : rails U 33 de 18 ou 36 mètres

11.1 Routes

Le réseau routier inclus dans l'étude comprend la majeure partie des routes nationales et quelques routes départementales. Il constitue un quadrillage relativement serré de l'ensemble de la zone d'étude.

En plus des grands axes de circulation comme l'autoroute A13, les nationales 13, 13 bis, 15, ont été étudiées d'autres routes moins importantes telles que les nationales 313, 138, 180, 840 et 810 ainsi que quelques chemins départementaux parmi les plus fréquentés tels que les D38 et D22 en Seine-et-Oise et la D130 dans l'Eure.

L'autoroute A13 sera entièrement ouverte ou mise en chantier de Paris à Rouen dans le courant de l'année 1968.

Au total, le relevé des éléments d'infrastructure a été effectué :

- en Seine-Maritime, sur 256 km de routes nationales et 19 km de chemins départementaux ;
- dans l'Eure, sur 375 km de routes nationales et 56 km de chemins départementaux ;
- dans l'ancien département de Seine-et-Oise, sur 211 km de routes nationales et 37 km de chemins départementaux .

La longueur totale des routes comprises dans l'étude s'établit donc à 842 kilomètres pour les routes nationales et à 112 kilomètres pour les chemins départementaux. Sur une telle longueur, il est normal qu'on trouve toutes les largeurs de chaussées et tous les types de construction.

Les caractéristiques principales des routes étudiées sont données ci-dessous :

: Nationale 14	: Pontoise - Fleury-sur-Andelle - Rouen	: 91	km:	3 voies (10,50 m) sur 27 km	:
:	:	:	:	2 voies (7 à 8 m) sur 64 km	:
: Nationale 13	: Orgeval - Mantes - Bonnières	: 37	km:	3 voies (9 m)	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 13	: Bonnières - Evreux - Le Theil	: 79	km:	3 voies (10,50 m) jusqu'à Evreux	:
:	:	:	:	3 voies (9 m) au-delà	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 13b	: Bonnières - Rouen - Le Havre	: 14	km:	3 voies et plus (10,50 m et +) entre Pont-de-l'Arche et Le Havre	:
:	:	:	:	2 voies (6 à 7 m) partout ailleurs	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 313	: Meulan - Louviers - Elbeuf - La Mailleraye	: 151	km:	2 voies (6 m), sauf aux entrées des villes importantes	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 190	: Poissy - Triel - Meulan - Limay	: 28	km:	3 voies (9 m)	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 154	: Evreux - Louviers - Saint-Cyr-du-Vaudreuil	: 26,5	km:	3 voies (9 m)	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 840	: Les-Quatre-Routes - Elbeuf - Rouen	: 38	km:	2 voies (6 m) sur 23 km	:
:	:	:	:	2 x 7 m sur 15 km à l'entrée de Rouen	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 834	: Le Theil - Lieurey	: 10	km:	2 voies (7 m)	:
:	:	:	:	:	:
: Nationale 810	: Lieurey - Tancarville - Bolbec	: 45	km:	2 voies (7 m) sur 42 km	:
:	:	:	:	3 voies (9 m) sur le restant	:
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

: Nationale 138	: Maison Brûlée - Rouen	: 18 km	: 2 voies (6 à 7 m) sauf dans
:	:	:	: la traversée de Rouen
: Nationale 180	: Maison Brûlée - Pont-	: 35 km	: 2 voies (7 à 8 m)
:	: Audemer	:	:
: D. 130	: La Rivière - Thibou-	: 27 km	: 2 voies (5,75 m au plus)
:	: ville - Corneville-	:	:
:	: sur-Risle	:	:
: D. 89	: Appeville - Bourne-	: 18,5 km	: 2 voies (5,75 m au plus)
:	: ville - Le Grand-	:	:
:	: Saint-Aubin	:	:
: D. 22	: Carrière-sur-Poissy -	: 11,5 km	: 2 voies (7 m)
:	: Boisemont	:	:
: D. 38	: Boisemont - Villeneuve-	: 6,5 km	: 2 voies (7 m)
:	: Saint-Martin	:	:

Dans l'ensemble, le réseau routier étudié n'est pas de construction récente. Tous les types de structure de chaussées sont représentés; il s'agit en majeure partie de chaussées de type traditionnel, ou de chaussées revêtues d'un tapis épais d'enrobés; sur quelques sections on trouve des chaussées semi-rigides comportant des couches de base en grave-ciment; des chaussées en béton sont, à une exception près, représentées uniquement sur l'autoroute A13.

Les nombreuses vallées des affluents de la Seine et de l'Eure et la vallée de la Seine elle-même, très encaissée en certains endroits, font que sur les routes du réseau et plus particulièrement sur celles de la rive gauche de la Seine, la visibilité n'est pas très bonne et que l'on trouve des déclivités atteignant 9 et 10 % (sur l'autoroute A13 elle-même, on trouve des déclivités de 5 %, sur de très faibles longueurs il est vrai, mais ceci reste quand même assez exceptionnel pour une autoroute).

.../...

La Seine, par ailleurs, joue un rôle très important de coupure, surtout entre Rouen et Le Havre où il n'existe qu'un seul point de passage, le pont de Tancarville, ouvrage de 1.420 m de longueur totale, le pont suspendu proprement dit comportant 3 travées mesurant respectivement 176, 608 et 176 m .

En amont de Rouen, la traversée est beaucoup plus facile (Elbeuf, Pont-de-l'Arche, Saint-Pierre-du-Vauvray, Les Andelys, Aubevoye, Vernon, Bonnières, Mantes, Meulan, Poissy, etc.).

11.2 - Voies navigables

Les deux voies étudiées dans le cadre de l'étude pilote sont la Seine depuis le confluent de l'Oise jusqu'à la mer et le Canal de Tancarville.

11.20 - La Seine

La Seine, le plus sage des fleuves français, n'est pas - il s'en faut de beaucoup - constamment régulière et paisible. Son débit à Paris est en effet en moyenne de 275 m^3 par seconde, mais il peut s'abaisser en période de sécheresse à 35 m^3 par seconde. C'est pourquoi, pour améliorer les conditions de la navigation, a été créée toute une série de réservoirs en amont de Paris dont le dernier en date, le réservoir "Seine" à la hauteur de Troyes, a une capacité de 205 millions de m^3 ; outre qu'ils contribuent à prévenir les inondations, ces réservoirs (dont la capacité est cependant encore insuffisante) permettent de maintenir un débit de 100 m^3 par seconde, en période de basses eaux.

Il faut noter que ce n'est qu'à partir de 1958 que la voie navigable a été modernisée. Avant cette date, hormis les écluses de Poses refaites en 1930, les ouvrages en service dataient de 1878 (programme

Freycinet); ils avaient remplacé eux-mêmes les ouvrages de la première canalisation effectuée en 1830.

Le passage d'un bief à un autre est assuré par des groupes d'écluses, à chaque barrage correspondant une, deux ou trois écluses. Les bateaux sont répartis entre les écluses d'un groupe en fonction de leurs caractéristiques et des exigences de l'exploitation.

- Chute d'Andrésey -- Carrières -- Denouval

Barrage d'Andrésey : 2 passes. Année de mise en service : 1957.

Barrage de Denouval : Barrage à aiguilles sur fermettes, mis en service en 1850.

Ecluse d'Andrésey : Ecluse nouvelle de 160 m x 12 m, au mouillage de 5 m sur le grand bras dit de Plafosse, mise en service en 1959.

Ecluses de Carrières-sous-Poissy: Ecluses anciennes datant de 1890 et commandées par la déviation de Carrières. Une grande écluse de 141 m x 17 m, au mouillage de 3 avec pertes de 12 m ; une petite écluse de 41,60 m x 8,20.

La capacité d'éclusage de l'ensemble de ces ouvrages est de 25 millions de tonnes de port en lourd.

- Chute de Méricourt

Barrage de Méricourt : 5 passes à 1963

Ecluses de Méricourt : 2 nouvelles écluses de 160 m de long et respectivement 17 et 12 m de large, au mouillage de 5 m. Mise en service : 1961 - 1962.

Une ancienne écluse de 141 m x 17 m, au mouillage de 2,30 m avec portes de 12 m. Mise en service : 1885.

La capacité d'éclusage de l'ensemble de ces ouvrages est de 40 millions de tonnes de port en lourd.

- Chute de Notre-Dame-de-la-Garenne

Barrage de Port-Mort : Barrage mobile à pont supérieur. 6 passes, dont 4 anciennes et 2 à vannes levantes mises en service en 1963 et 1964. Année de mise en service du barrage : 1886.

Ecluses de Notre-Dame-de-la-Garenne : Deux écluses anciennes (1886). Dimensions respectives : 141 m x 17 m avec portes de 12 m et 41,60 m x 8,20 m ; mouillage de 3,20 m.

Une écluse nouvelle de 160 m x 12 m, au mouillage de 5 m, mise en service en 1962.

La capacité d'éclusage de l'ensemble de ces ouvrages est de millions de tonnes de port en lourd.

- Chute de Poses

Barrage de Poses : Mis en service en 1895. Barrage mobile à pont supérieur, 7 passes dont 1 hors service, 2 passes à cadres et rideaux Camère, 2 passes vannes-toit (1949) et 2 passes à vannes levantes (1964 - 1963).

Ecluses d'Amfreville : Deux écluses au mouillage de 5 m mises en service en 1932 et 1933 et de dimensions respectives 220 m x 17 m et 141 m x 12 m.

Entre le confluent de l'Oise et la mer, il est d'ores et déjà possible, par dragages dans le chenal, de porter le tirant d'eau à 4,50 m, puisque, à chaque chute, on dispose au moins d'une écluse au mouillage de 5 m. Actuellement, le tirant d'eau autorisé est de 3 m.

Entre le confluent de l'Oise et la mer, le tirant d'air est de 7 m, les ponts, détruits pendant les hostilités, ayant déjà été reconstruits à ce gabarit⁽¹⁾.

(1) Il n'en va pas de même en amont du confluent de l'Oise, où les ponts-routes de Bougival, Rueil-Chatou et Conflans (le premier est en reconstruction et le second doit suivre) limitent le tirant d'air à 4,30 m. La reconstruction de ces ponts au gabarit de 7 m ainsi que celle des ponts ferroviaires de Nanterre et de Chatou portera le tirant d'air sur l'ensemble de l'itinéraire de Gennevilliers à la mer à 7 m.

11.21 - Le Canal de Tancarville

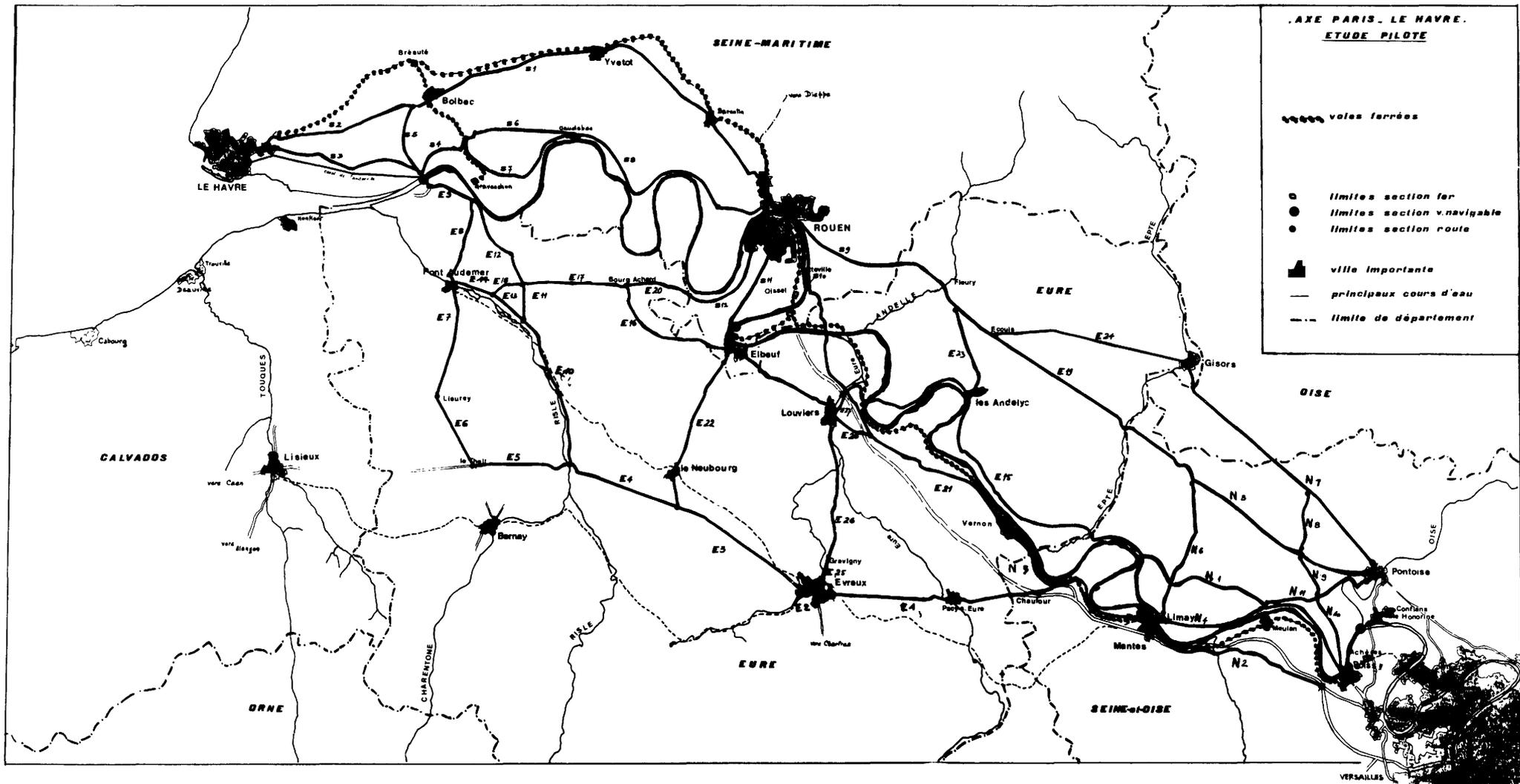
Le Canal du Havre à Tancarville relie à partir de Tancarville le chenal endigué de la Seine au bassin de l'Eure, dans le port du Havre. Mis en service en 1887, il permet aux bateaux de navigation intérieure d'éviter les dangers que présente l'estuaire de la Seine. Il est formé d'un bief unique long de 25 km; sa largeur théorique au plafond est de 25 m, son mouillage théorique est de 3 m. Cependant, il est accessible aux navires de haute mer jusqu'au pont VIII (PK 20,650, tirant d'eau 9,15 m). Son entrée est commandée par l'écluse de Tancarville, dont les dimensions utiles sont 180 m x 16 m et la hauteur de chute 5 m. L'autre extrémité est servie par deux sas, le sas Vétillart (187 m x 47,80 m, 25 m aux portes) et le sas fluvial (180 m x 30 m, 16 m aux portes). Il est traversé par deux ponts, le pont du Hode, pont métallique basculant, et le pont VIII, pont métallique tournant.

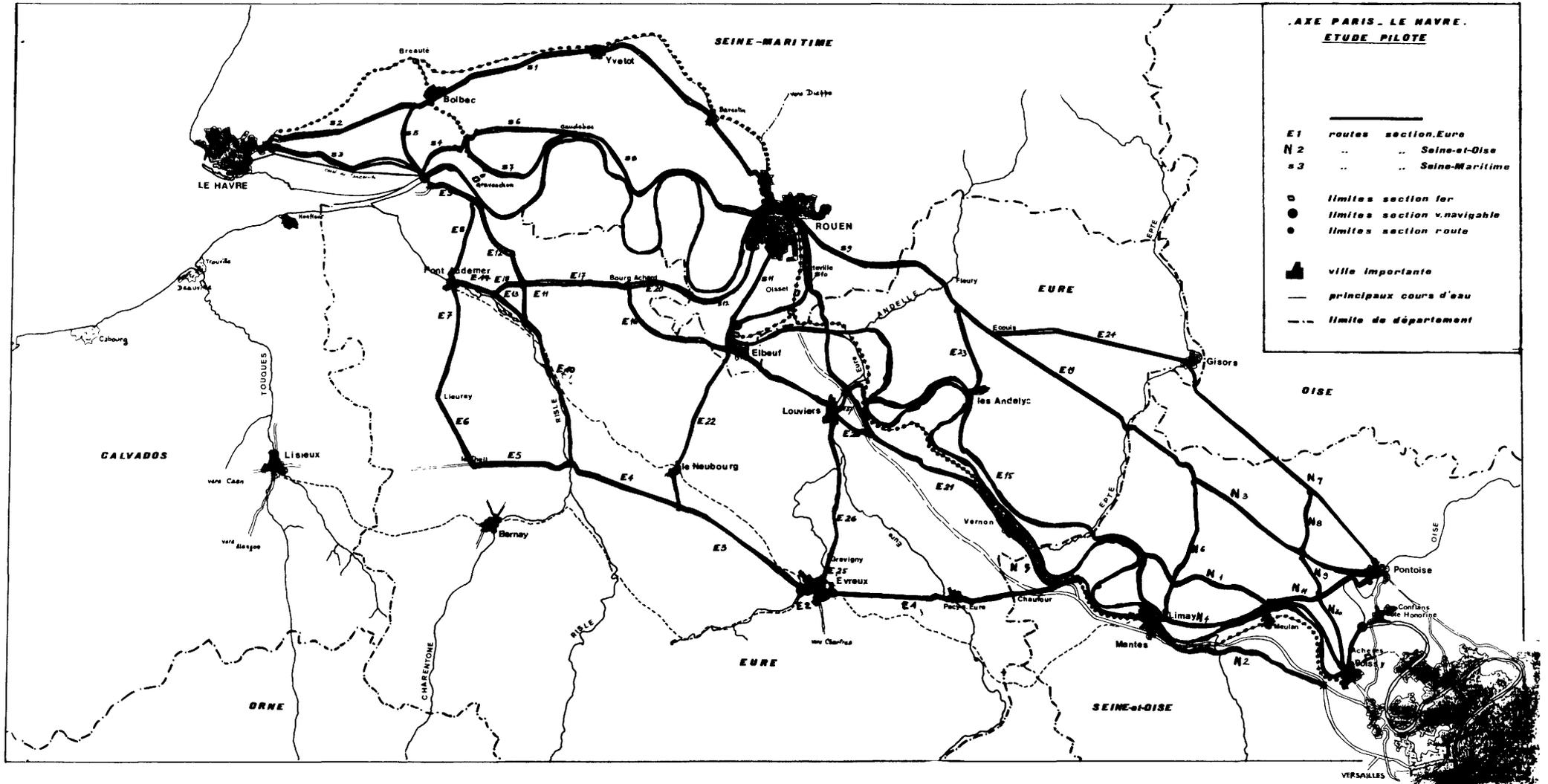
Le Canal de Tancarville n'a été inclus dans l'étude que pour la section comprise entre Tancarville et le périmètre du port du Havre, soit sur une longueur de 20,650 km.

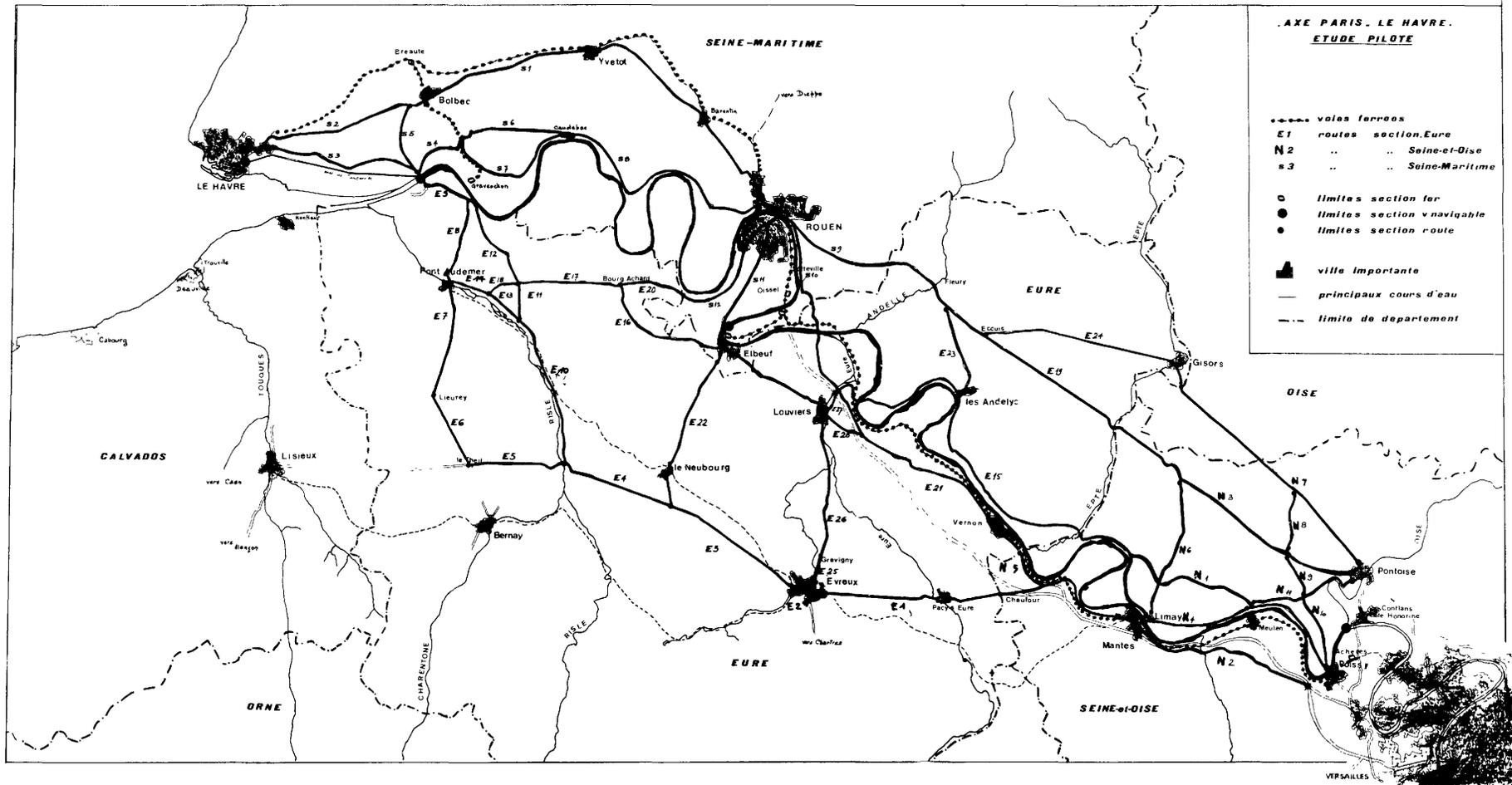
•
• •

Des cartes montrant l'implantation dans la zone d'étude des infrastructures étudiées des trois modes de transport sont reproduites sur les pages 29, 30 et 31 ci-après.

.../...







11.3 - Oléoduce

Un réseau d'oléoducs de produits finis relie les raffineries situées dans la région Le Havre - Rouen aux centres de distribution de la région parisienne.

Actuellement, trois conduites sont en service :

Caractéristiques	1ère conduite Le Havre - Juvisy	2ème conduite Gonfreville - Saint-Ouen	3ème conduite Petit-Couronne - Gennevilliers
Longueur	243 km	184 km	112 km
Diamètre	10" (25 cm)	12" (30 cm)	20" (50 cm)
Capacité de trans- port (en millions de ton- nes par an)	2	4	12

Il faut signaler en outre l'existence d'un réseau de conduites de pétrole brut alimentant les mêmes raffineries à partir du port du Havre.

11.4 - Les ports de Rouen et du Havre

11.40 - Le port de Rouen

Le port de Rouen situé à 125 km de la mer se divise en deux parties : le bassin fluvial en amont du pont Jeanne-d'Arc et le port maritime en aval.

Le port maritime s'étend du pont Jeanne-d'Arc jusqu'à la Bouille sur une longueur de 18 km. Il comprend des quais ou appontements le long des deux rives de la Seine, ainsi que cinq bassins communiquant directement avec le fleuve sans interposition d'aucune écluse ; ce sont :

- sur la rive droite : le bassin Saint-Gervais (trafics de bananes, vins, bois, grains) ;
- sur la rive gauche : le bassin aux bois (utilisé pour le trafic fluvial de réexpédition des charbons, le trafic des bois, des produits chimiques, des marchandises pondéreuses en vrac ou en sac) ;
 - le bassin aux pétroles de Rouen-Quevilly ;
 - la darse des docks flottants ;
 - le bassin aux pétroles de Petit-Couronne .

Un certain nombre de quais ou d'appontements s'échelonnent, en outre, tout le long de la Seine jusqu'à l'estuaire.

Un grand nombre d'installations portuaires ont été établies pour desservir les usines ou chantiers situés à proximité.

L'outillage actuel du port comprend au total 246 appareils de levage de puissance instantanée égale à 1.350 tonnes ainsi qu'une bigue de 150/180 tonnes. D'autres engins de manutention complètent cet outillage : portiques de déchargement de bananes, engins de manutention des céréales, aspirateur flottant, transporteurs aériens, réseaux de canalisations de pompage des hydrocarbures et des vins. Le parc des engins mobiles (élévateurs à fourches) est très développé. La surface des hangars construits sur le domaine portuaire dépasse 140.000 mètres carrés. La longueur des voies ferrées atteint 210 km.

Quant au port fluvial de Rouen, il s'étend de Cléon, situé à 5 km en amont d'Orival, au pont Jeanne-d'Arc. Il comprend 1.714 m de quais, de nombreux appontements pour desservir les industries situées le long de ses rives ainsi que de nombreux postes de stationnement. Environ 700 bateaux de navigation intérieure peuvent y séjourner normalement.

Le port fluvial sert à relier, par l'intermédiaire d'allèges, les industries qui en sont riveraines aux navires de mer stationnés dans le port maritime.

De tous les ports français, Rouen est de loin celui dans lequel la navigation intérieure joue le plus grand rôle : 60 % environ du tonnage total importé et exporté sont évacués par voie d'eau.

11.41 - Le port du Havre

Le port autonome du Havre est le second port français et le premier du littoral atlantique du pays, tant en ce qui concerne les mouvements maritimes que le trafic de marchandises. 166 lignes régulières le desservent dont 29 seulement concernent le cabotage. Il peut recevoir des paquebots de plus de 300 m de longueur, des pétroliers de 100.000 tdw, des minéraliers de 70.000 tdw.

Pour chaque type de trafic, le port est doté d'équipements particuliers, à savoir :

- Cinq gares maritimes, dont quatre pour le trafic des grands paquebots et une pour la ligne régulière Le Havre - Southampton assurée par car-ferries.
- Pour les céréales, un aspirateur flottant en liaison avec un hangar comportant cinq nefs de stockage (15.000 tonnes).

- Un parc de stockage de 100.000 tonnes pour les charbons et minerais.
- Un chai à vin de 14.000 hectolitres.
- Deux hangars climatisés pour les fruits.
- Des parcs de stockage pour les huiles de graissage, les huiles animales et végétales.
- Pour la réception des pétroliers, treize postes à quai et une possibilité de stockage de 1.120.000 mètres cubes.

Les bassins couvrent une surface utile de 454 hectares et comprennent :

- des bassins de marée en liaison directe avec la mer (297 ha) ;
- des bassins à flot et à niveau constant dotés d'écluses (137 ha).

Les bassins de marée sont surtout fréquentés par les paquebots, les minéraliers, les pétroliers, les cargos en escale rapide ; les bassins à flot et à niveau constant sont le domaine des autres cargos. Les quais ont une longueur totale de 27 km. Soixante-trois hangars de transit d'une superficie de près de 100.000 mètres carrés sont à la disposition des usagers.

Les engins de manutention vont de la grue électrique de 15 tonnes au portique de 25 tonnes pour les engins terrestres (206), et de la grue de 2 tonnes à la bigue de 200 tonnes pour les engins flottants (12).

Sept formes de radoub, des réseaux ferré (209 km) et routier (50 km), des magasins publics (130.000 m³), un terminal méthanier viennent compléter les installations très importantes du port autonome du Havre.

Les industries portuaires sont en plein essor. A l'industrie du pétrole sont venues s'ajouter celles de la pétrochimie et de la chimie. L'industrie automobile vient d'installer au Havre une nouvelle usine de montage. Une centrale thermique de grande puissance (3,250 millions de KW) est en construction. Les possibilités d'implantation industrielle restent considérables.

CHAPITRE 12

DONNEES SUR LES TRAFICS

12.0 - Chemin de fer

La voie ferrée Paris-Le Havre comporte, pour la partie reprise dans l'étude, deux sections à densité de trafic très différente (du simple au double) : Mantes-Sotteville et Sotteville-Le Havre. Les déséquilibres des deux sections sont les mêmes : le trafic dans le sens Le Havre-Paris est le double du trafic dans le sens Paris-Le Havre.

Le trafic de cette ligne comprend :

- Un important trafic de banlieue entre Paris et Mantes (environ 80 allers et retours journaliers dont une partie est limitée aux gares de Poissy et Maisons-Laffitte).
- Un trafic de trains rapides et express entre Paris, Rouen et Le Havre (7 allers et retours journaliers).
- Un trafic de trains directs et omnibus sur tout ou partie de l'une des sections Paris-Rouen et Rouen-Le Havre (27 allers et retours journaliers).
- Un trafic de moyenne importance de trains de marchandises et de messageries. La majeure partie de ce trafic est détournée entre Paris et Mantes par la ligne Paris-Argenteuil-Conflans-Sainte-Honorine-Mantes.

Le trafic des deux lignes antennes Elbeuf-Oissel et Bréauté-Gravenchon comprend un nombre moyen de respectivement 51 et 9 circulations par jour.

Les caractéristiques du trafic par ligne et, pour la ligne principale Paris-Le Havre, par sections de ligne, sont indiquées dans le tableau de la page 39 .

Trafic pour l'exercice 1965 de la ligne Paris - Le Havre
et des antennes Elbeuf - Oissel et Bréauté - Gravenchon

Sections	Longueur de la ligne (en km)	Nombre moyen journalier de circulations				Nombre annuel de trains-km (en millions)				Nombre annuel de tkbr (en milliards)				Densité de trafic tkbr par km de ligne et par an (en millions)			
		Voyageurs		Marchandises		Voyageurs		Marchandises		Voyageurs		Marchandises					
		RE(1)	Autres	RA(2)	RO(3)	Total	RE	Autres	RA	RO	Total	RE	Autres		RA	RO	Total
Achères-Mantes (4)	36	34	53	14	45	146	0,45	0,69	0,18	0,58	1,90	0,18	0,19	0,09	0,61	1,10	30,6
Mantes-Sotteville	77	20	14	10	32	76	0,56	0,38	0,28	0,90	2,12	0,26	0,05	0,15	1,08	1,54	20,0
Sotteville-Le Havre	94	12	21	8,5	17,5	59	0,41	0,73	0,29	0,61	2,04	0,18	0,09	0,15	0,57	0,99	10,5
Achères-Le Havre	207						1,42	1,80	0,75	2,09	6,06	0,62	0,33	0,39	2,26	3,60	17,4
Elbeuf-Oissel	9	4,2	28,8	4	14	51	0,014	0,096	0,013	0,045	0,168	0,002	0,007	0,004	0,033	0,046	5,1
Bréauté-Gravenchon (5)	19	-	0,5	-	8,5	9	-	0,003	-	0,060	0,063	-	0,0003	-	0,036	0,0363	1,9

- (1) Rapides et express
- (2) Régime accéléré (trains de messageries directs)
- (3) Régime ordinaire
- (4) Y compris le trafic de banlieue
- (5) Trafic voyageurs entre Bréauté et Bolbec (6 km).

12.1 - Route

Les trafics routiers maximaux observés dans la région, à l'exception des trafics près des grandes agglomérations (Rouen, Le Havre) atteignent 1.500 véhicules par jour ; les deux grands axes routiers au nord et au sud de la Seine sont utilisés de façon sensiblement égale.

Les circulations les plus importantes se trouvent naturellement sur les routes nationales 13, 13bis et 14 et sur l'autoroute A 13.

Les tableaux des pages 41 à 43 donnent, pour chacune des sections de routes nationales étudiées, les circulations journalières des véhicules légers (voitures particulières et camionnettes d'une charge utile inférieure à 1,5 tonne) et des poids lourds, la circulation moyenne horaire et le pourcentage des poids lourds par rapport au trafic total.

DONNEES SUR L'UTILISATION DES ROUTES NATIONALES

N° de section (1)	Longueur en km	Largeur	Nombre de voies	Circulation moyenne journalière			Pourcentage de poids lourds	Moyenne horaire
				véhicules légers	poids lourds	totale		
- Département de Seine-et-Oise								
1	45,8	7,0	2	1.773	330	2.103	15	87
2	51,6	9,0	3	9.668	1.607	11.275	14	469
3	38,6	10,5	3	4.840	1.121	5.961	18	248
4	12,8	7,0	2	3.826	942	4.768	19	198
5	5,0	7,0	2	5.365	1.171	6.536	17	272
6	20,4	6,5	2	1.519	207	1.726	11	71
7	32,0	7,0	2	3.814	767	4.581	16	190
11	17,0	6,0	2	1.557	96	1.653	5	68

(1) Ces numéros sont ceux résultant du découpage du réseau routier effectué pour les besoins de l'étude pilote. Les discontinuités dans la numérotation s'expliquent par le fait que ce découpage comprenait initialement certains chemins départementaux à trafic relativement faible qui n'ont pas été retenus pour la suite des calculs. De même ont été éliminées certaines routes nationales dont le trafic n'a pas de lien direct avec celui de l'axe Paris - Le Havre.

N° de section	Longueur en km	Largeur	Nombre de voies	Circulation moyenne journalière			Pourcentage de poids lourds	Moyenne horaire
				véhicules légers	poids lourds	totale		
- Département de l'Eure								
1	22,077	10,5	3	7.330	930	8.260	11	344
3	17,85	7,0	2	5.139	867	6.006	14	250
4	13,624	7,0	2	5.139	867	6.006	14	250
5	13,474	7,0	2	5.139	867	6.006	14	250
6	10,104	6,5	2	1.318	204	1.522	13	63
7	14,052	6,5	2	786	123	909	13	37
8	12,183	7,0	2	802	160	962	16	40
9	6,212	7,0	2	802	160	962	16	40
14	5,178	7,0	2	2.884	433	3.317	13	138
15	61,309	6,0	2	695	104	799	13	33
16	14,441	6,5	2	1.011	181	1.192	15	49
17	13,044	6,5	2	2.884	433	3.317	13	138
18	4,246	7,0	2	2.884	433	3.317	13	138
19	36,206	7,0	2	2.714	944	3.658	25	152
20	8.690	6,5	2	3.163	426	3.589	12	153
21	43,354	7,0	2	5.106	1.071	6.177	17	257
22	19,769	6,5	2	1.855	376	2.231	16	92

N° de section	Longueur en km	Largeur	Nombre de voies	Circulation moyenne journalière			Pourcentage de poids lourds	Moyenne horaire
				véhicules légers	poids lourds	totale		
23	11,655	6,0	2	500	78	578	13	24
24	24,4	7,0	2	1.913	365	2.278	16	94
25	3,6	6,5	2	3.304	669	3.973	16	165
26	17,4	6,5	2	2.903	607	3.510	17	146
27	3,2	7,0	2	2.942	614	3.556	17	148
28	5,2	7,0	2	1.444	172	1.616	11	67
- Département de la Seine-Maritime								
1	61,099	10,5	3	5.334	1.161	6.495	17	270
2	26,340	10,5	3	4.392	1.007	5.399	18	224
3	24,197	6,5	2	2.003	667	2.670	24	111
4	9,883	7,0	2	1.698	363	2.061	17	85
5	11,446	7,0	2	1.420	222	1.642	13	68
6	15,430	6,5	2	951	287	1.238	23	51
7	19,207	6,5	2	822	168	990	17	41
8	33,25	7,0	2	2.969	554	3.523	15	146
9	15,87	9,0	3	4.294	1.038	5.332	19	222
10	12,38	9,0	3	7.311	1.561	8.872	17	369
11	17,53	2x7	4	4.125	515	4.639	11	193
12	18,054	9,0	3	2.683	465	3.148	14	131
13	9,497	6,5	2	1.414	227	1.641	13	68

12.2 - Voie navigable

La direction régionale de Rouen comprend deux circonscriptions d'affrètement, celle du Havre à laquelle est rattaché le Canal de Tancarville et celle de Rouen à laquelle sont rattachées les voies navigables suivantes: la Seine de Port-Villez à l'écluse de Tancarville et à Honfleur et la Risle sur sa partie navigable.

Le trafic fluvial à la remonte est largement supérieur au trafic à la descente. Il est constitué, pour sa plus grande part, de produits pétroliers du Havre à Bas-Cléon, de produits pétroliers et de matériaux de construction de Bas-Cléon vers la région parisienne. Le trafic descendant est constitué en majeure partie de produits céréaliers jusqu'à Rouen, puis de matériaux de construction et de produits pétroliers jusqu'au Havre.

Le tableau ci-dessous donne pour 1965, les chargements et les déchargements effectués sur la direction régionale de Rouen, vers ou en provenance d'autres directions régionales et de pays européens, sans distinction de catégories de bateaux.

<u>Chargement de Rouen vers :</u>		:	<u>Déchargement à Rouen en provenance de :</u>	
LILLE	94.879	:	68.064	LILLE
COMPIEGNE	630.034	:	490.406	COMPIEGNE
ROUEN	3.838.746	:	3.838.746	ROUEN
PARIS	10.160.546	:	1.696.949	PARIS
NEVERS	108.104	:	61.683	NEVERS
NANCY	88.007	:	86.282	NANCY
STRASBOURG	2.732	:	3.723	STRASBOURG
LYON	3.610	:	2.974	LYON
ALLEM. DU NORD	16.260	:	16.337	ALLEM. DU NORD
ALLEM. DU SUD	240	:	9.929	SARRE
BELGIQUE	18.791	:	30.664	BELGIQUE
HOLLANDE	6.637	:	9.060	HOLLANDE
SUISSE	503	:	-	SUISSE
<hr/>		:	<hr/>	
TOTAL	14.969.092	:	6.214.817	TOTAL
<hr/>		:	<hr/>	

.../...

Près de 90 % de l'ensemble chargement et déchargement a pour origine ou destination la zone étudiée et la région parisienne.

Le tableau de la page 46 donne le nombre de bateaux éclusés en 1965, par écluses et par catégories de bateaux, ainsi que le nombre de bateaux-km par catégories de bateaux. Les données caractérisant le trafic sont indiquées dans le tableau de la page 47.

NOMBRE DE BATEAUX ECLUSES PAR ECLUSES ET PAR CATEGORIES DE BATEAUX
ET NOMBRE DE BATEAUX-KILOMETRES PAR CATEGORIES DE BATEAUX
(1965)

Ecluses	Automoteurs de Seine	Automoteurs de canal	Convois poussés	Caboteurs	Totaux
Andresy	7.238	34.745	4.825	1.448	48.256
Carrières	2.771	14.029	-	520	17.320
	4.880	26.027	650	976	32.533
Méricourt	2.958	14.792	789	1.184	19.723
	4.733	22.720	3.156	947	31.556
	4.142	19.881	2.761	829	27.613
Garenne	1.366	6.918	-	256	8.540
	4.136	22.062	551	828	27.577
	4.665	24.878	622	933	31.098
Amfreville	2.794	13.968	745	1.118	18.625
	3.415	18.211	455	683	22.764
Tancarville	3.415	18.211	455	683	22.764
TOTAUX ...	46.513	236.442	15.009	10.405	308.369
Nombre de bateaux/ km	2.099.998	9.474.070	728.091	442.300	12.744.459

Légende

GEN : Grande écluse nouvelle
PE : Petite écluse
GEA : Grande écluse ancienne

TRAFFICS PAR SECTIONS DE VOIE NAVIGABLE (1965)

Sens du trafic	Tous bateaux				Part automoteurs			
	Nombre	Chargement moyen	Tonnes	Tonnes/km	Nombre	Chargement moyen	Tonnes	Tonnes/km
(1) Seine du confluent de l'Oise à Bas-Cléon (153 km)								
Descente	9.816	319	3.132.760	378.909.121	8.670	292	2.528.925	305.042.825
Remonte	38.917	433	16.849.433	1.797.742.616	26.661	360	9.607.302	1.059.098.563
Ensemble	48.733	410	19.982.193	2.176.651.737	35.331	344	12.136.227	1.364.741.388
(2) Seine de Bas-Cléon à Tancarville (113 km)								
Descente	9.575	355	3.395.580	155.325.817	8.739	316	2.765.361	126.370.320
Remonte	17.034	508	8.651.817	682.501.113	14.394	402	5.784.390	447.006.913
Ensemble	26.606	453	12.047.397	837.826.930	23.133	370	8.549.751	573.377.322
(3) Canal de Tancarville (25 km)								
Descente	4.221	434	1.831.567	31.980.443	4.018	400	1.607.884	26.621.894
Remonte	8.357	532	1.446.359	84.935.175	7.215	425	3.066.517	58.045.106
Ensemble	12.578	499	6.277.926	116.915.618	11.233	416	4.674.401	84.667.000

12.3 - Oléoducs

Les transports de produits raffinés effectués en 1965 s'élèvent à 4.816.000 tonnes, dont la quasi-totalité dans le sens Le Havre - Paris.

La répartition des tonnages transportés par types de produits se présente comme suit (en milliers de tonnes):

Essences aviation	Jet-fuel	Essence et supercarburant	Gasoil	Fuel-oils	Divers	Total
13,7	568.-	1.569,2	387,9	2.136,3	140,9	4.816.-

12.4 - Le port de Rouen

Le port de Rouen tient dans l'économie française une place essentielle. Sa position à la fois fluviale et maritime, à 130 km de l'immense agglomération industrielle que constitue la région parisienne, en fait en premier lieu l'avant-port de Paris.

Les résultats généraux du trafic sont résumés dans le tableau ci-après :

TRAFIC DU PORT DE ROUEN

	1964	1965
<u>Trafic maritime marchandises</u> (en tonnes)		
Importations	6.397.000	6.856.000
Exportations	4.175.000	4.235.000
Total	<u>10.572.000</u>	<u>11.091.000</u>
<u>Trafic fluvial (en tonnes)</u>		
Arrivages	3.513.000	3.472.000
Expéditions	4.053.000	4.086.000
Total	<u>7.556.000</u>	<u>7.558.000</u>
<u>Trafic général par eau (en tonnes)</u>	<u>18.138.000</u>	<u>18.649.000</u>
<u>Nombre de navires entrés</u>	5.009	5.898
<u>Trafic maritime voyageurs</u>		
Entrées et sorties (voyageurs)	1.506	7.320
<u>Expéditions par voies ferrées</u> (en tonnes)	3.800.000	5.000.000

.../...

12.5 - Répartition du trafic entre modes de transport

La répartition du trafic entre modes de transport n'est pas homothétique de la répartition France entière en raison de la part très importante de la voie d'eau et de l'oléoduc.

Les échanges de la Haute-Normandie avec les autres régions sont très déséquilibrés: la région expédie 29,5 millions de tonnes et n'en reçoit que 12 (déséquilibre dû essentiellement à la voie d'eau et à l'oléoduc). On saisit très bien ces phénomènes sur le tableau ci-après qui ne tient pas compte du trafic de transit.

TRANSPORTS DE MARCHANDISES EN HAUTE-NORMANDIE 1965

Mode de transport	Echanges externes		Trafic interne		Total				
	Sorties (milliers de t)	%	Entrées (milliers de t)	%	Milliers de t	%	Milliers de t	%	
Transport ferrov.	6.769	23	4.776	39,5	933	1,5	12.478	12	
Oléoducs	4.754	16	0	0	19.437	31,5	24.191	23	
TRANSPORT ROUPLIER	Public	4.538	15	2.745	22,5	17.213	27	24.496	24
	Privé	2.528	9	2.043	17	20.796	34	25.367	24
	Total	7.066	24	4.788	39,5	38.009	61	49.863	48
TRANSPORT FLUVIAL	Public	7.708	26	2.188	18	2.796	4,5	12.692	12
	Privé	3.313	11	404	3	1.034	1,5	4.751	5
	Total	11.021	37	2.592	21	3.830	6	17.443	17
TOTAL	29.610	100	12.156	100	62.209	100	103.975	100	

.../...

Si l'on examine la répartition des échanges de la Haute-Normandie avec les autres régions, on s'aperçoit que la région parisienne est le principal client (60 % du total) avec les autres régions limitrophes - Picardie, Eure-et-Loir, Basse-Normandie et Nord - (86 % du total des expéditions).

Les arrivages sont plus répartis. Les 5 mêmes régions totalisent 75 % des arrivages (30 % la région parisienne, 16 % le Nord, 29 % les trois autres).

Sur le plan de la concurrence entre modes de transport, il apparaît que l'on rencontre tous les cas de concurrence trimodale et bimodale, 1... sauf la concurrence route-eau. La concurrence rail-route s'exerce principalement pour les produits chimiques, les produits manufacturés et les produits métallurgiques, la concurrence rail-eau pour les combustibles minéraux et les produits pétroliers, la concurrence entre les trois modes de transport pour les denrées alimentaires et la réception de matériaux de construction, alors que le transport des minerais et des engrais se fait exclusivement par fer.

DEUXIEME PARTIE

DEFINITION DES SOLUTIONS EN MATIERE DE TARIFICATION DE L'USAGE
DES INFRASTRUCTURES OU D'IMPUTATION DE LEURS COÛTS

D'après l'article 3 de la décision du Conseil n° 65/270/CEE du 13 mai 1965, l'étude pilote est destinée à préciser les conditions d'application des solutions en matière de tarification de l'usage des infrastructures ou d'imputation des coûts de celles-ci dont l'énoncé figure à l'annexe 3 de la même décision. La présente partie a donc une importance essentielle.

Les définitions des quatre solutions retenues par le Conseil - système des péages économiques, système de l'équilibre budgétaire, système du coût de développement, système du coût total - telles qu'elles sont reprises dans ladite annexe 3 sont très concises et ne fournissent pas de règles opérationnelles pour une application pratique. Elles délimitent uniquement un cadre de pensée et indiquent une orientation générale, mais il est évident qu'une détermination précise de leurs modalités d'application exige un travail de recherche considérable. C'est ce travail qui a été l'objet principal de l'étude pilote.

Il convient d'attirer l'attention sur le fait que les discussions intervenues ultérieurement à la décision précitée du Conseil ont fait ressortir l'utilité d'apporter certains aménagements à la liste des solutions initialement retenue en interprétant les définitions dans un sens large. Ceci a conduit à prévoir l'étude du système des coûts marginaux sociaux et à ne pas procéder à celle du système du coût de développement, dont il est apparu qu'il pouvait être défini comme une modalité d'application pratique du premier.

Pour tous les problèmes posés par la définition des conditions d'application des divers systèmes, on a essayé de dégager les solutions qui sont apparues comme étant les plus correctes en théorie. Dans beaucoup de cas cependant, les éléments nécessaires pour les appliquer ont fait défaut dans l'étude pilote. On a alors défini des solutions de rechange pratiques, qui ne sont valables strictement parlant que dans les conditions de l'étude pilote; elles devraient être aménagées en fonction des particularités des situations qui feraient l'objet d'éventuelles études ultérieures.

Un point fondamental doit être souligné. Quel que soit le système de tarification de l'usage de l'infrastructure qu'on adopte, ce système ne saurait constituer qu'un des éléments d'une politique d'ensemble et il ne saurait en aucun cas dispenser de rechercher la meilleure organisation possible et de réaliser les investissements - et tous les investissements - économiquement justifiés. En fait, la tarification est insuffisante pour réaliser une situation optimum; elle peut tout au plus maintenir la stabilité de cette situation une fois réalisée. La recherche de la minimisation des coûts doit précéder une formation rationnelle des prix afin de permettre à celle-ci de produire ses effets bénéfiques. La méconnaissance de cette règle peut conduire à des situations foncièrement anti-économiques.

Le présent rapport ne porte que sur le problème de la tarification. Il repose sur l'hypothèse implicite que les problèmes d'efficacité de la gestion et de choix des investissements ont reçu des solutions qui soient cohérentes avec les divers systèmes de tarification examinés.

Les chapitres 20 et 21 traitent de deux variantes de la tarification au coût marginal : le système des coûts marginaux sociaux et celui des péages économiques.

Ces deux systèmes procèdent de la même source et ont pour l'essentiel les mêmes bases théoriques. Ils sont dérivés tous les deux de la théorie connue sous le nom de théorie de l'optimum ou de théorie de l'allocation optimum des ressources. Ils visent à assurer la meilleure utilisation possible des infrastructures existantes et font abstraction, suivant le principe que seul compte l'avenir, des conditions dans lesquelles ces infrastructures ont été réalisées et gérées dans le passé. Une fois la décision d'investissement prise, dans laquelle la considération des coûts de construction joue un rôle essentiel, ces coûts de même que tous les coûts de gestion indépendants du trafic n'interviennent plus dans la fixation des prix d'usage.

Si les deux systèmes ont ainsi une origine théorique et une orientation fondamentale communes, il existe cependant entre eux des différences non négligeables. Elles procèdent toutes du fait que, contrairement au système des coûts marginaux sociaux, le système des péages économiques impose à la tarification une contrainte consistant dans la fixation d'une capacité économique de l'infrastructure dont le dépassement est considéré comme indésirable.

Le chapitre 22 contient l'exposé des principes et modalités d'application du système de l'équilibre budgétaire. Ce système fait l'objet d'une double différenciation portant respectivement sur sa base (constituée soit par les péages économiques, soit par les coûts marginaux sociaux) et les modalités de financement (possibilité ou exclusion du recours à l'emprunt) des dépenses d'investissement.

Dans le chapitre 23, enfin, sont présentés les résultats de l'étude concernant le système du coût total ou coût économique complet. Ce système a pour objet, dans une perspective d'harmonisation des conditions de la concurrence entre modes de transport, la détermination des coûts

des infrastructures et leur imputation selon des principes dérivés de l'économie d'entreprise. Contrairement aux systèmes précédents, la détermination des prix à appliquer pour l'usage de l'infrastructure est faite dans un stade ultérieur en tenant compte également d'autres facteurs. Elle n'a pas été abordée dans l'étude pilote.

Les développements détaillés d'ordre théorique ou technique concernant certains problèmes particuliers ont été renvoyés en annexe.

CHAPITRE 20

LE SYSTEME DES COUTS MARGINAUX SOCIAUX

20.0 - Principes de base

D'après ce système, chaque usager doit payer, pour l'usage de l'infrastructure, un prix égal à la somme des coûts qu'il occasionne à la collectivité de ce fait. Plus précisément, le prix à payer doit être égal au coût marginal social tel qu'il s'établit dans la situation finale après l'introduction du prix, qui a des effets sur le trafic en raison de l'existence d'une élasticité de la demande non nulle.

La fixation des prix au niveau du coût marginal social a pour but d'éliminer tout usager qui attache à l'utilisation de l'infrastructure une valeur inférieure aux coûts qu'il occasionne de ce fait à la collectivité.

Le coût marginal social peut être décomposé en trois éléments :

a) le coût marginal d'usage de l'infrastructure ou péage de coût.

Il est égal à l'augmentation des dépenses d'entretien, de renouvellement, de fonctionnement et de gestion de l'infrastructure entraînée par une circulation supplémentaire ;

b) le coût marginal de congestion.

Il représente la valeur monétaire des retards et gênes imposés au reste de la circulation par une circulation supplémentaire (perte de temps, augmentation de la consommation de carburant, entretien accru, immobilisation prolongée des marchandises transportées, etc.), à l'exception de ceux résultant des accidents pour les victimes de ces derniers ;

c) le coût marginal externe.

Il représente les coûts occasionnés à la collectivité par une circulation supplémentaire et non compris sous a) et b). Il comprend, en particulier, le coût marginal d'accident, le coût des nuisances (bruit, fumée, etc.) et le coût des gênes imposées par un mode de transport aux usagers d'un autre mode de transport.

Pour fixer les idées, considérons un élément d'infrastructure sur lequel sont supposées passer deux catégories d'usagers notées par les indices 1 et 2, en quantité Q_1 , Q_2 par unité de temps.

On utilisera les notations suivantes :

$D(Q_1, Q_2)$ coût pour l'exploitant de l'infrastructure pendant la période de référence.

$pc_1(Q_1, Q_2)$ coût marginal d'usage ou péage de coût pour la catégorie 1, c'est-à-dire

$$\frac{\partial D(Q_1, Q_2)}{\partial Q_1} .$$

$c_1(Q_1, Q_2)$ coût moyen de circulation pour un usager de la catégorie 1, c'est-à-dire coût supporté par celui-ci en dehors de toute tarification de l'infrastructure.

$C(Q_1, Q_2)$ coût total de circulation pour la collectivité (ne comprend pas les dépenses d'infrastructure D supportées par l'exploitant).

$C_{ex}(Q_1, Q_2)$ coûts externes, c'est-à-dire part de C non ressentie directement par les usagers de l'infrastructure.

$$\text{Au total, } C = Q_1 c_1 + Q_2 c_2 + C_{\text{ex}}.$$

Tous ces termes doivent être pris en compte hors taxes spécifiques, celles-ci étant définies comme la différence entre les coûts réels toutes taxes comprises et les coûts qui résulteraient de la seule application de la taxation générale. Cette dernière est à calculer également sur tous les éléments du coût marginal social, qui représente le prix à payer pour l'usage du facteur de production "infrastructure". En effet, le coût marginal de congestion et le coût marginal externe doivent être considérés comme des rémunérations de facteurs de production au même titre que le coût marginal d'usage et que les autres éléments de coût de l'activité de transport.

L'augmentation des coûts pour la collectivité due à l'augmentation d'une unité de circulation de la catégorie 1 est égale à :

$$\begin{aligned} & \frac{\partial D}{\partial Q_1} + \frac{\partial C}{\partial Q_1} + c_1 \\ = & \frac{\partial D}{\partial Q_1} + Q_1 \frac{\partial c_1}{\partial Q_1} + Q_2 \frac{\partial c_2}{\partial Q_1} + \frac{\partial C_{\text{ex}}}{\partial Q_1} + c_1. \end{aligned}$$

Le tarif U_1 à appliquer à la catégorie 1, qui est égal au coût marginal social, est alors, l'expression ci-dessus étant notée P_1 :

$$\begin{aligned} U_1 &= P_1 - c_1 \\ &= pc_1 + Q_1 \frac{\partial c_1}{\partial Q_1} + Q_2 \frac{\partial c_2}{\partial Q_1} + \frac{\partial C_{\text{ex}}}{\partial Q_1} + c_1 - c_1. \end{aligned}$$

En désignant par

Co_1 le coût marginal de congestion

$Cmex_1$ le coût marginal externe,

le tarif s'écrit :

$$U_1 = pc_1 + Co_1 + Cmex_1.$$

Il est à remarquer que le montant des taxes spécifiques supportées éventuellement par l'utilisateur doit être retranché du tarif.

Il faut souligner que le coût marginal social d'un usager donné d'une infrastructure donnée peut varier avec l'ensemble des éléments qui entrent dans son calcul et notamment avec le niveau du trafic.

20.1 - Le coût marginal d'usage

20.10 - Généralités

Le coût marginal d'usage se définit comme le coût marginal de gestion de l'infrastructure par rapport au trafic. Il est égal au quotient de la variation des dépenses entraînée par une variation (infinitésimale en théorie) du trafic par cette variation.

La définition et le calcul du coût marginal ne présentent en général pas de difficultés particulières dans le cas d'une production industrielle. Pour une usine fabriquant un seul bien par exemple, si $D(q)$ est la fonction qui relie la dépense à la quantité de bien produite, le coût marginal est $D(q+1) - D(q)$ ou encore, en notations différentielles $\frac{dD(q)}{dq}$.

A moins que la fonction $D(q)$ soit linéaire, le coût marginal varie avec le niveau de production de l'usine; en général, il commence par baisser, puis passe par un minimum et se relève ensuite.

Cette notion se généralise facilement au cas où l'unité de production considérée ne fournit pas un seul mais plusieurs biens 1, 2 ... n, en quantités $q_1, q_2 \dots q_n$. Il y a alors, pour un niveau de production donné de chacun des biens, autant de coûts marginaux qu'il y a de biens. Le coût marginal du bien 1 sera par exemple $D(q_1 + 1, q_2 \dots q_n) - D(q_1, q_2 \dots q_n)$ ou, en notations différentielles,

$$\frac{\partial D}{\partial q_1} (q_1, q_2 \dots q_n)$$

et de même pour les autres biens.

Pour faciliter les calculs, on peut déterminer les coûts marginaux des divers biens à partir du coût marginal d'un bien de référence et à l'aide d'un système approprié d'équivalences entre ce bien et les autres biens.

Les définitions classiques qui précèdent sont directement applicables au cas des infrastructures de transport; D représente alors la dépense d'infrastructure et, si l'on considère les transports, les divers services produits par l'infrastructure 1, 2 ... n sont les catégories de circulation qui l'utilisent, chaque catégorie étant formée de q_i unités de mêmes caractéristiques.

Il n'existe pas de coût marginal unique. Le coût marginal varie selon le niveau du trafic (sauf dans le cas où la fonction de coût est linéaire), selon les caractéristiques techniques de l'infrastructure et les modes d'exploitation, ainsi que selon les catégories de circulation. Dans ce dernier cas, on a parfois recours à la notion de coefficient d'équivalence, qui permet d'exprimer les coûts marginaux de diverses catégories par rapport à une catégorie de base, les rapports entre ces catégories étant fonction d'une caractéristique technique des véhicules ou des circulations. Mais il faut souligner que la notion de

coefficient d'équivalence ne constitue qu'un artifice qu'on utilise pour des raisons de commodité et que les coûts marginaux afférents aux diverses catégories de circulation peuvent être déterminés directement.

Si, sur le plan théorique, la définition du coût marginal d'usage ne soulève aucune difficulté particulière dans le cas des infrastructures de transport, il n'en va pas de même en pratique. Deux difficultés essentielles sont à signaler.

En premier lieu, les dépenses relatives aux infrastructures varient le plus souvent de façon discontinue. Cela est dû aux particularités des techniques d'entretien employées. Il est de ce fait impossible, dans la quasi-totalité des cas, de déterminer directement la variation de dépenses due à une unité de trafic supplémentaire et on est obligé de rechercher, pour rendre compte des phénomènes, des corrélations entre des variations dépassant l'échelle marginale au sens strict du mot. Une telle démarche doit cependant être entourée de certaines précautions.

En second lieu, les fonctions de production sont souvent mal connues. Il existe, dans le domaine des infrastructures, une absence presque générale de mesures expérimentales. Les essais AASHO effectués aux Etats-Unis pour déterminer les relations entre la dégradation des chaussées et les applications de charges d'essieu constituent une exception à cet égard. La recherche de corrélations statistiques est donc une nécessité dans ce domaine.

Il convient de souligner que la détermination des coûts marginaux n'a sa pleine signification que dans l'hypothèse de gestion optimale des infrastructures, c'est-à-dire lorsque les opérations d'entretien et d'investissement sont effectuées de la manière la plus profitable à la collectivité et que les coûts sont minimisés.

20.11 - Le problème particulier du coût marginal de renouvellement

Les coûts marginaux d'entretien et de fonctionnement compris dans le coût marginal d'usage de l'infrastructure sont des coûts marginaux à court terme dont le mode de calcul ne soulève pas de difficultés particulières en théorie. Il n'en va pas de même en ce qui concerne les opérations de renouvellement, qui ne sont effectuées qu'à intervalles de plusieurs années en général. Aussi n'est-il pas possible de déterminer le coût marginal correspondant selon les méthodes générales. La légitimité de la prise en compte d'un coût marginal à ce titre n'est cependant pas contestable dans la mesure où la durée d'utilisation d'un élément d'infrastructure est fonction du trafic.

Le coût marginal de renouvellement peut être défini comme le quotient du coût de l'usure subie par une installation du fait d'une variation marginale instantanée (fictive) du trafic par cette variation. Il peut être pris égal à la dépense supplémentaire par unité de trafic qu'il aurait été nécessaire d'effectuer lors du dernier renouvellement de l'installation en question pour assurer à celle-ci la même durée d'utilisation que celle qu'elle aurait eue en l'absence de ladite variation du trafic.

Il va de soi qu'un coût marginal de renouvellement n'est à calculer que dans les cas où l'on prévoit effectivement le maintien en service de l'installation considérée.

Il résulte de là que le montant du coût marginal de renouvellement varie suivant la date de son calcul. Il est d'autant plus important que cette date est plus éloignée de celle du dernier renouvellement ou, en d'autres termes, que l'âge de l'installation considérée est plus élevée. Pour des raisons pratiques, il est recommandé de calculer un coût marginal de renouvellement moyen valable quel que soit l'âge des installations.

Entre deux opérations périodiques successives, le coût marginal moyen est déterminé en égalant la somme des produits actualisés du coût marginal moyen par le nombre annuel d'unités de trafic, et la somme des produits actualisés du coût marginal de chaque année par le nombre d'unités de trafic correspondantes.

20.12 - Le coût marginal d'usage des infrastructures ferroviaires

De même que dans le cas des autres infrastructures, les variations des charges de fonctionnement, d'entretien ou de renouvellement présentent des discontinuités dans le cas des infrastructures ferroviaires. De ce fait, le calcul du coût marginal d'usage présente quelques difficultés.

Pour une ligne déterminée, dans la limite du trafic de saturation de ses installations, compte tenu des discontinuités des différentes catégories de charges, sauf toutefois celles qui sont relatives aux installations techniques, c'est la loi continue représentant la variation moyenne des charges qui est à considérer.

Le coût marginal d'usage est déterminé en calculant la valeur de la dérivée de cette fonction, pour chaque valeur de la production.

Une analyse des différents postes de charges relatifs aux installations d'infrastructure conduit, dans l'état actuel des connaissances, à considérer qu'un coût marginal ne peut être calculé que pour le renouvellement des voies principales et le renouvellement des fils de contact des caténaires. Cette conclusion résulte des considérations suivantes, qui peuvent être développées au sujet de ces divers postes :

a) Voies principales

En ce qui concerne la surveillance et l'entretien - entretien courant et grosses réparations, à l'exclusion des renouvellements - les effectifs sont fixés par kilomètre de voie pour chaque groupe de lignes. Les besoins réels en personnel sont cependant variables selon le nombre d'années écoulées depuis le dernier renouvellement. En raison de la stabilité de l'emploi et des difficultés de déplacer le personnel, les effectifs des équipes d'entretien ne peuvent être modifiés chaque année. Dans la pratique, on essaie de remédier à ces difficultés en recourant à des aides réciproques de section à section ou en confiant à une même section l'entretien de voies de catégories différentes. De toute façon, à partir d'un certain niveau, on retrouve les effectifs correspondant aux normes théoriques.

Dans ces conditions, et pour autant que les variations de trafic n'entraînent pas de changement dans la classification des voies, les charges de personnel et de matériel correspondant aux consommations courantes pour la surveillance et l'entretien des voies principales sont à considérer comme indépendantes du trafic.

Quant aux renouvellements de ces mêmes voies, ils sont effectués en fonction de différents critères, parmi lesquels on peut citer :

- la limite d'usure des rails :
 - épaisseur de la table de roulement
 - chanfreinage du rail
- les avaries externes des rails :
 - oxydation
 - usure des extrémités (martèlement des abouts)
 - avaries de la zone d'éclissage

- les avaries internes des rails :
 - fissures autour des trous des boulons d'éclisse
 - fissures et tachages des rails
- l'alternance des charges (successions du passage d'essieux portant des charges différentes)
- les autres avaries :
 - traverses, ballast, etc.

Les renouvellements de voies résultent principalement des usures d'extrémité et de défauts internes. Les limites d'usure sont rarement atteintes et les avaries de traverses et de ballast, ainsi que l'oxydation des rails n'interviennent que pour les voies à très faible trafic.

L'augmentation de la charge par essieu et de la vitesse des trains, tant voyageurs que marchandises, a conduit au cours de ces dernières années à modifier les types de rails utilisés (notamment en accroissant le poids par mètre de rail). Les modifications intervenues concurremment en ce qui concerne le classement des lignes en groupes rendent pratiquement impossible l'étude de la variation des charges de renouvellement des voies en fonction du trafic.

On effectue soit des renouvellements complets, soit des renouvellements partiels.

Le rythme d'exécution des renouvellements complets de la voie (rails, traverses, ballast) peut, en attendant les résultats des études entreprises sur ce problème par différents réseaux qui ne seront disponibles que dans plusieurs années, être considéré comme étant une fonction du trafic exprimé en tonnes-km brutes complètes (tkbc).

Aucune différenciation ne peut être faite selon les catégories de circulation. Des calculs effectués par certains réseaux en vue de tester

la sensibilité de la répartition des charges de renouvellement en fonction des charges par essieu ont d'ailleurs conduit à la conclusion que les résultats dépendent peu du choix de la puissance dont on affecte les charges par essieu, étant donné la faible dispersion de celles-ci. Les charges moyennes par essieu des trains de voyageurs et des trains de marchandises sont, en effet, très voisines.

Dans le cas de renouvellements partiels, seule la variation des charges relatives aux rails et aux traverses est à considérer comme étant fonction du trafic exprimé en tkbc, les charges relatives au ballast étant indépendantes du trafic.

Dans ces conditions, et compte tenu par ailleurs du fait que les charges d'entretien sont considérées comme fixes alors qu'elles varient faiblement avec le trafic, la variation des charges de renouvellement des voies principales est considérée comme étant pratiquement proportionnelle à la variation du nombre de tkbc.

b) Installations fixes de traction électrique

Les charges d'entretien et de renouvellement de ces installations sont fixes pour un même type d'installations et donc pour une même ligne, à l'exclusion toutefois des charges de renouvellement des fils de contact. Celles-ci varient suivant le nombre de circulations et l'intensité du courant passant de la caténaire au pantographe.

Pour une même ligne, c'est-à-dire pour un type de courant déterminé et pour un même type d'installations, le rythme des renouvellements des fils de contact est une fonction du trafic assuré en traction électrique exprimé en tkbc; les autres charges d'installations fixes de traction électrique sont indépendantes du trafic.

Les charges d'entretien des installations électriques des sous-stations (transformateurs, disjoncteurs, redresseurs, etc.) varient bien dans une certaine mesure avec l'énergie fournie, mais elles sont relativement très faibles et peuvent être considérées en première approximation comme fixes.

c) Autres postes

Pour les autres postes de charges relatifs aux installations d'infrastructure :

- frais généraux,
- passages à niveau,
- ouvrages d'art,
- installations de sécurité et de télécommunications,
- bâtiments,
- voies de service et
- installations diverses,

les charges relatives à une ligne sont indépendantes du trafic ou peuvent être considérées pratiquement comme telles en l'état actuel des informations.

Le problème des passages à niveau appelle cependant quelques remarques spéciales.

L'équipement des passages à niveau varie suivant les caractéristiques du trafic de la ligne (barrières commandées à main sur place ou à distance, barrières automatiques, etc.).

Sur une ligne à très faible trafic (un train par jour par exemple), le gardiennage est discontinu et l'accroissement du trafic entraînerait un accroissement des charges de gardiennage.

Sur les autres lignes, les charges de personnel sont pratiquement fixes. Les charges de consommation ou d'entretien peuvent varier éventuellement avec le nombre de mouvements d'ouverture et de fermeture des barrières, mais ces charges sont minimales par rapport à celles de personnel.

En conséquence, les dépenses relatives aux passages à niveau sont à considérer comme indépendantes du trafic.

En résumé, le coût marginal d'usage de l'infrastructure ferroviaire comprend uniquement le coût marginal de renouvellement des voies principales et, dans le cas d'une ligne électrifiée, le coût marginal de renouvellement des fils de contact des caténaires.

20.13 - Le coût marginal d'usage des infrastructures routières

Trois séries de difficultés sont inhérentes au calcul des coûts marginaux d'usage de la route. Elles résultent respectivement de l'hétérogénéité du trafic, de celle de la structure technique du réseau, et du fait que les dépenses ne sont connues que de façon très globale.

La première série de difficultés pose le problème des coefficients d'équivalence permettant de définir les rapports existant entre les coûts marginaux des diverses catégories de véhicules par rapport à celui d'un véhicule type.

La dépense $D(q_1, q_2 \dots q_n)$ est de la forme $D(q_1 e_1 + q_2 e_2 + \dots q_n e_n)$, où $e_1, e_2 \dots e_n$ représentent les coefficients dont il faut affecter les quantités de trafic des catégories de véhicules 1, 2 ... n pour rendre la circulation homogène.

En posant $q_1 e_1 + \dots q_n e_n = W$, les coûts marginaux ont comme valeur pour les divers types de véhicules :

$$\frac{d D}{d W} e_1 , \frac{d D}{d W} e_2 \dots \dots \dots , \frac{d D}{d W} e_n .$$

Il convient de remarquer que les coefficients d'équivalence sont différents selon la dépense considérée.

En ce qui concerne l'hétérogénéité de la structure technique, l'analyse montre que quatre types de chaussées doivent être distingués quant à leur constitution :

- les chaussées de type traditionnel constituées par une ou plusieurs couches de graves surmontées d'enduits superficiels ou d'enrobés de faible épaisseur ;
- les chaussées revêtues d'un tapis d'enrobés épais d'environ 6 cm et plus ;
- les chaussées constituées de graves stabilisées au ciment ou au laitier revêtues d'un tapis d'enrobés mince ou d'un enduit superficiel, qu'on appellera par la suite "chaussées semi-rigides" ;
- les chaussées rigides en béton de ciment.

Dans l'analyse qui suit, les essais AASHO occupent une place à part, qui est d'ailleurs justifiée à chaque fois dans la suite du texte. Ces essais ont été maintes fois critiqués. Il est certain entre autres que leurs résultats ne recouvrent pas l'ensemble des phénomènes dont dépend la tenue d'une route, et que les conditions d'environnement de l'essai, effectué aux Etats-Unis, sont assez différentes de celles que l'on rencontre en général en Europe (et d'ailleurs également aux Etats-Unis mêmes)⁽¹⁾. Mais il n'en reste pas moins que ces essais constituent une masse unique d'expériences scientifiques à laquelle il est impensable de ne pas se référer, à condition bien sûr de justifier dans chaque cas les motifs de cette référence.

(1) Il est d'ailleurs pratiquement impossible de concevoir la réalisation d'essais expérimentaux de ce genre qui soient représentatifs des conditions moyennes d'environnement d'un pays ou d'un ensemble de pays.

Les différentes sortes de postes de dépenses doivent faire l'objet d'une analyse détaillée d'ordre technique et statistique en vue de déterminer la liaison qui existe entre le niveau de chaque poste de dépenses et la circulation qui l'occasionne. L'analyse permet de dégager les conclusions suivantes :

a) Dépenses de police de la circulation

Les renseignements dont on dispose à cet égard ont un caractère très global et permettent tout au plus une distinction entre les dépenses afférentes aux grandes agglomérations et les autres dépenses. Le seul calcul possible dans ces conditions consiste à rapprocher l'évolution dans le temps de ces dépenses de l'évolution dans le temps de l'ensemble de la circulation puis à ventiler entre les différents types de véhicules la partie de ces dépenses qui apparaîtra comme variable avec le trafic. Cette ventilation peut se faire proportionnellement aux coefficients d'encombrement des véhicules, puisque c'est essentiellement du degré d'encombrement des routes que dépend le montant des dépenses de police.

b) Dépenses d'exploitation et d'entretien autres que celles d'entretien de la chaussée

Le niveau de ces dépenses, qui concernent la signalisation, l'éclairage, l'entretien des accessoires des chaussées, etc., dépend peu de la structure de la chaussée. Il peut paraître dépendre du volume du trafic, étant donné le fait que la plupart de ces dépenses sont plus importantes sur des routes à grande circulation que sur des voies peu fréquentées. Une analyse plus approfondie montre cependant que ces dépenses varient en fait avec la consistance des équipements qui est liée elle à l'importance du trafic et aux exigences de qualité du service qui en découlent.

Si une faible partie de ces dépenses peut varier effectivement avec le trafic (sans qu'il soit d'ailleurs possible de déterminer cette variation), la plus grande partie est indépendante du trafic. En conséquence, aucun coût marginal n'est déterminé à ce titre.

c) Dépenses d'entretien courant des chaussées

Ces dépenses, qui intéressent essentiellement la résistance mécanique des chaussées aux charges qui leur sont appliquées, sont relatives aux réfections d'enduits superficiels pour les chaussées souples, et à l'entretien des dalles pour les chaussées rigides.

Les quatre catégories de chaussées définies plus haut doivent faire l'objet d'une analyse distincte.

- Chaussées de type traditionnel

Le comportement de ces chaussées dépend d'une manière mal connue de nombreux paramètres (sols, climat, drainage, qualité de la couche de base, etc.). Leurs structures, leurs matériaux constitutifs, leur entretien varient d'une région à l'autre.

Dans l'essai AASHO, il n'y a eu d'enduits superficiels que sur les circuits 1 et 2, qui n'ont pas subi le passage d'essieux de plus de 2,7 tonnes; de ce fait, la résistance aux charges de ce type de structure est particulièrement mal connue.

Cette résistance aux charges est en outre très variable d'une route à l'autre selon les conditions locales climatiques, le sol de fondation, le drainage, la constitution des couches de base, la qualité du revêtement et la composition du trafic; mais l'effet précis de ces divers paramètres est mal connu. L'analyse théorique ne permet pas, dans son état actuel, de suppléer à cette ignorance.

Etant donné l'incertitude théorique, seules des méthodes empiriques valables en moyenne peuvent être appliquées. Il s'agit, par une analyse statistique des renseignements relatifs à cette catégorie de chaussées, de mettre en évidence une relation du type

$$D = a + b T$$

où a et b sont des constantes déterminées statistiquement et T représente le trafic équivalent calculé au moyen de coefficients d'équivalence de la forme P^e . e est un exposant qu'il n'est pas possible de déterminer scientifiquement de manière rigoureuse mais que l'extrapolation des essais AASHO et l'expérience courante des ingénieurs conduisent à choisir égal à 4.

- Chaussées revêtues d'un tapis épais d'enrobés

C'est une des catégories de chaussées qui a été étudiée lors des essais AASHO. Si l'application des résultats de ces essais est par ailleurs souvent critiquable, il apparaît cependant que certaines lois qu'ils ont permis de dégager peuvent être, sans grande difficulté, utilisées pour le calcul des coûts marginaux.

En particulier, la loi issue de ces essais qui relie la valeur des déflexions de printemps au nombre d'essieux équivalents que la chaussée peut encore supporter, peut être retrouvée par des considérations théoriques, d'une part, et des résultats de laboratoire sur la durée de vie en fatigue des matériaux enrobés, d'autre part; les hypothèses les plus nécessaires pour expliquer cette loi sont les suivantes :

- la chaussée péricule par fissuration de la couche hydrocarbonée ;
- la couche de fondation est formée de matériaux granulaires de qualité convenable.

Pour une étude portant sur un réseau assez étendu, ces hypothèses peuvent être admises statistiquement.

Cette loi a montré en particulier que la dégradation de la chaussée est provoquée par le passage répété des essieux des véhicules, chaque essieu ayant dans cette dégradation une part proportionnelle à P^e , P étant le poids de l'essieu, et e un exposant dont la valeur est de l'ordre de 4.

La démarche d'étude est la même que celle concernant les chaussées de type traditionnel.

- Chaussées semi-rigides

En ce qui concerne les structures de ce type, les essais AASHO n'apportent que relativement peu de renseignements. Seules quelques sections satellites de l'essai comportaient des couches de base en grave-ciment de qualité assez moyenne, sur une épaisseur relativement faible de couche de fondation. Ces structures présentaient pour la plupart des déflexions de printemps excessives au regard des normes américaines et de l'expérience européenne.

Les chaussées semi-rigides ne paraissent encore avoir fait l'objet d'aucune étude systématique (les techniques de traitement des assises n'étant pas encore suffisamment unifiées).

L'expérience acquise semble suggérer que leur entretien est relativement faible (pose d'un revêtement superficiel à des dates assez espacées et ce, essentiellement, en fonction de l'usure de surface et de l'augmentation de la glissance, phénomènes dont la dépendance à l'égard du trafic est très mal connue).

Compte tenu de l'absence de loi analytique clairement dégagée, il conviendrait donc, pour obtenir un coût marginal d'entretien, de procéder comme il est indiqué à propos des chaussées de type traditionnel; une incertitude subsiste toutefois sur la valeur des coefficients d'équivalence.

Etant donné cette incertitude, il paraît indiqué, dans tous les cas où les dépenses en cause sont faibles, de ne pas déterminer de coût marginal d'usage à ce titre.

- Chaussées en béton

La moitié des circuits de l'essai AASHO ont été construits en béton de ciment. L'essai a permis de mettre en lumière un certain nombre de résultats et d'établir une relation empirique entre l'épaisseur de la dalle et la durée de vie. Mais il n'a pas été utilisé de couche de fondation traitée aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés, type de couche de fondation de plus en plus utilisé actuellement.

Compte tenu de ce fait et de l'importance du "pumping" dans les phénomènes de détérioration, il apparaît difficile d'appliquer sans discernement les résultats de l'essai AASHO dans le cadre par exemple d'une méthode analogue à celle qui a été exposée à propos des chaussées revêtues d'un tapis épais d'enrobés. Il faut noter, d'autre part, que la plupart des chaussées en béton se trouvent dans la zone d'extrapolation de l'essai AASHO et que la forme mathématique de la loi trouvée reliant épaisseur et durée de vie, qui est ajustée sur des points extrêmement groupés, est peut-être fortement sujette à caution.

Sur la base des résultats des études disponibles sur le comportement à la fatigue des bétons de ciment, et en l'absence de "pumping" (couche de fondation en grave-ciment), il paraît donc que, comme dans le

cas des chaussées à couche de base traitée aux liants hydrauliques, les chaussées en béton de ciment ne se dégradent que très lentement dans une première phase (la dégradation est cependant très rapide ensuite); leur entretien se réduit souvent à des traitements de surface (entretien des joints).

Compte tenu de la diversité des cas possibles et des possibilités pratiques de calcul, le coût marginal peut utilement être déterminé empiriquement comme pour les chaussées de type traditionnel.

De même que pour ces dernières, il ne semble pas qu'il existe, à chaussée donnée, une pondération rigoureuse entre les différentes charges d'essieux. Bien que la valeur la plus vraisemblable de e apparaisse comme devant être nettement supérieure à 4, il semble indiqué, pour des raisons de prudence, de se fonder sur cette dernière valeur.

d) Dépenses de renouvellement périodique

Les chaussées ont des durées de vie limitées; c'est surtout par fatigue qu'elles se dégradent et périssent. Dès qu'une chaussée a subi un certain trafic cumulé total, il devient nécessaire de la renouveler. Ce renouvellement destiné à lui redonner les caractéristiques originelles s'effectue à des intervalles de temps de l'ordre de 10 à 20 ans, et selon des techniques dont les plus répandues en France sont les deux suivantes :

- renouvellement en enrobés. On applique sur la chaussée un tapis d'enrobés d'épaisseur convenable, mais de toute façon au moins égale à 6 cm environ ;
- renouvellement en graves-laitiers ou graves-ciments. Une couche de graves-laitiers ou graves-ciments d'une épaisseur minimum de 10 cm est surmontée d'un enduit superficiel ou d'un tapis mince d'enrobés.

La méthode qui est actuellement de loin la plus répandue est la première, d'un emploi plus souple et d'un coût moindre sur les routes dont le trafic reste faible ou dont la dégradation n'est pas trop prononcée. C'est pourquoi c'est essentiellement sur elle que seront faits les calculs. Ceci ne préjuge d'ailleurs pas l'intérêt que présentent les renouvellements en graves-laitiers et graves-ciments; cet intérêt est incontestable et leur technique, assez récente, est certainement promise à un bel avenir, mais leur nouveauté même fait que l'on connaît encore très mal les lois auxquelles leur comportement obéit, alors que ces lois sont mieux connues dans le cas d'enrobés.

L'essai AASHO a en effet mis en évidence la relation suivante entre la durée de vie d'une chaussée souple et sa déflexion de printemps :

$$\log W_{2,5} = 11,20 + 1,32 \log L_1 - 3,25 \log d_1$$

où $W_{2,5}$ est la durée de vie de la chaussée exprimée en nombre d'essieux équivalents pour un indice de viabilité de 2,5⁽¹⁾ ;

L_1 la charge de l'essieu en tonnes ;

d_1 la déflexion mesurée sous une roue de charge $L/2$ et exprimée en centièmes de millimètre.

Comme, d'autre part, il existe une relation moyenne entre l'épaisseur e d'un renforcement en enrobés et la réduction de déflexion qu'il entraîne

$$e = 50 \log \frac{d}{d_1}$$

(1) L'indice de viabilité est un indice mis au point en vue des essais AASHO et qui permet d'exprimer la qualité d'une chaussée du point de vue de l'utilisateur. Sa valeur initiale moyenne pour les essais AASHO a été de 4,5 pour les chaussées rigides et de 4,2 pour les chaussées souples, les observations n'ayant pas été poursuivies au-delà de 1,5 qui correspond à une chaussée pratiquement détruite. L'indice 2,5 se réfère à une chaussée dont le reprofilage devient nécessaire.

on peut, connaissant la déflexion d'une chaussée et le trafic qu'elle supportera dans l'avenir, calculer l'épaisseur d'enrobés nécessaire pour lui assurer une durée de vie donnée.

Le coût marginal de renouvellement est alors déterminé selon les principes généraux indiqués plus haut au § 20.11 et selon la méthode exposée dans l'annexe II.1.

Les coûts marginaux de renouvellement par catégories de véhicules sont proportionnels aux poids des essieux à la puissance 4.

20.14 - Le coût marginal d'usage des infrastructures de navigation intérieure

Le calcul des coûts marginaux d'usage des voies navigables se heurte à deux difficultés principales, qui sont l'absence d'études techniques sur la variation des dépenses d'infrastructure d'une part, et la discontinuité très marquée des dépenses de maintenance d'autre part. De ce fait, l'application d'une méthode analytique soulève des problèmes très considérables et ne peut être envisagée que dans un nombre limité de cas, par exemple pour la détermination des dépenses d'énergie des écluses, des dépenses d'alimentation en eau⁽¹⁾ et de la part des rémunérations du personnel⁽²⁾ qui est fonction du trafic.

Une méthode globale consistant en une étude statistique tendant à mettre en évidence les corrélations existant entre le niveau des dépenses totales et le niveau du trafic, peut être appliquée si l'on dispose d'une comptabilité analytique portant sur une assez longue période et s'il

(1) Une étude particulière est nécessaire pour toutes les voies dont le bief de partage est alimenté artificiellement.

(2) Essentiellement heures supplémentaires.

s'agit d'un ensemble de voies relativement homogène. Cette étude pourrait, si des corrélations significatives sont mises en évidence, fournir un ordre de grandeur des coûts marginaux d'usage par rapport aux coûts moyens.

Les données nécessaires à une telle étude n'existant généralement pas, force est de recourir à une méthode semi-analytique qui, après élimination des dépenses totalement indépendantes du trafic, s'efforcera de déterminer, pour chacun des niveaux de trafic au voisinage desquels on cherche à calculer les coûts marginaux d'usage, la part des dépenses réelles qui est variable avec le trafic. On peut supposer, en effet, qu'au voisinage de T_0 la dépense D_0 est la somme d'une partie fixe et d'une partie proportionnelle à un certain paramètre physique q lié lui-même au trafic (par exemple pour les dépenses concernant le fonctionnement des écluses, ce paramètre peut être le nombre de cycles d'éclusage).

Si on peut déterminer la part αD_0 (α étant plus petit que 1) que représentent les dépenses variables dans la dépense totale D_0 ainsi que des coefficients d'équivalence entre les différents types de bateaux vis-à-vis de la dépense considérée dépendant de ce paramètre q , le coût marginal rapporté à l'unité de trafic sera obtenu en imputant la part des dépenses variables αD_0 aux divers bateaux sur la base de ces coefficients d'équivalence.

Cette méthode est correcte à la condition que l'on puisse valablement représenter la fonction de dépense par une fonction linéaire.

Pour ce qui est des ouvrages de franchissement, l'existence sur une même voie d'un assez grand nombre d'ouvrages similaires permet généralement des études statistiques.

Pour l'application de ce schéma d'étude, il convient de distinguer les ouvrages de franchissement d'une part, et la voie courante ou chenal d'autre part.

a) Ouvrages de franchissement

En ce qui concerne les écluses⁽¹⁾, le principe du calcul est la détermination du coût marginal d'un éclusage. Elle implique l'examen des éléments suivants :

- Dépenses de fonctionnement

Ces dépenses comprennent les dépenses du personnel assurant le fonctionnement des ouvrages et les dépenses d'énergie et de matières nécessaires à leur manoeuvre.

Le coût marginal d'énergie et de matières relatif à un éclusage supplémentaire peut être déterminé directement.

La détermination du coût marginal concernant le personnel de fonctionnement doit tenir compte du régime d'exploitation des voies navigables étudiées et du mode de rémunération du personnel. Il y a lieu de ne pas considérer le cas d'un ouvrage isolé, où une faible augmentation du trafic entraîne une importante augmentation du personnel, mais il faut plutôt rapporter cette augmentation à un ensemble d'ouvrages.

Sur les voies à fort trafic comme la Seine, l'organisation de l'exploitation comporte une présence continue avec relève et la rémunération des éclusiers est totalement indépendante du trafic. Aussi n'y a-t-il pas, pendant la période normale d'ouverture des ouvrages, de coût marginal de personnel.

(1) Les autres ouvrages, qui sont beaucoup plus rares (plans inclinés, ascenseurs, etc.), peuvent être étudiés selon des méthodes analogues.

Sur les voies à trafic plus faible, les effectifs du personnel et sa rémunération sont, dans une certaine mesure, fonction du trafic. Il est possible de ce fait de calculer à ce titre des coûts marginaux pour différents niveaux de trafic.

- Dépenses concernant les parties fixes

Seules sont retenues les dépenses d'entretien et de renouvellement des estacades d'approche et des moyens d'amarrage, car il ne semble pas possible d'établir pour les autres dépenses relatives aux parties fixes une relation de cause à effet entre le trafic et la dégradation des ouvrages.

- Dépenses d'entretien et de renouvellement des parties mobiles

Les parties mobiles visées ici comprennent les portes et vannes et les organes de commande.

Le coût marginal d'entretien de ces deux catégories de parties mobiles est à déterminer suivant la méthode générale, à partir de l'estimation de la part variable des dépenses correspondantes.

Quant au coût marginal de renouvellement, qui doit être calculé selon la méthode indiquée au § 20.11, sa détermination est entourée de beaucoup d'aléas en raison de l'incertitude de la liaison existant entre le trafic et la durée d'utilisation des installations. Une analyse plus fine peut permettre de distinguer à cet égard entre les pièces d'étanchéité, dont l'usure paraît directement proportionnelle au nombre de manoeuvres, et l'ossature, dont l'usure semble être moins que proportionnelle au trafic.

A partir du coût marginal d'une éclusée ainsi déterminé, le coût marginal d'un bateau d'un type donné peut être calculé par la méthode suivante :

Il est possible, pour un niveau de trafic et une composition du parc de bateaux donnés, de déterminer des coefficients d'équivalence par des méthodes de régression linéaire.

La variable liée de la régression linéaire représente le nombre de bassinées effectuées dans un intervalle de temps donné et dans un sens pour l'écluse considérée. Les variables indépendantes représentent dans une première régression les nombres de bateaux de chaque type passés dans une journée et dans un sens à l'écluse enquêtée. Dans une deuxième régression linéaire, les variables indépendantes introduites représentent le nombre total de bateaux de chaque type passés pour un jour et pour un sens à chacun des groupes d'écluses commandant un bief. La première régression indique l'occupation de la capacité par les différents types de bateaux, la seconde donne l'occupation de la capacité d'une écluse en fonction de l'ensemble du trafic de la voie.

b) Voie courante ou chenal

Parmi les dépenses afférentes au chenal susceptibles de varier avec le trafic, il y a lieu de retenir les dépenses dues à l'érosion des berges et qui sont constituées par une part des dépenses de dragage et une part des dépenses relatives aux défenses des rives.

- Dépenses de dragage

On peut admettre, pour ce qui est des canaux, que l'érosion des berges et les dépenses de dragage qui en résultent (et qui peuvent être calculées directement) sont en relation avec le passage des unités motrices circulant sur la voie.

Lorsque la voie est fréquentée par des bateaux de types très différents, et à défaut d'études expérimentales précises du phénomène d'érosion, les coûts marginaux par type de bateau peuvent être pris proportionnels aux puissances nominales, paramètre qui intègre à la fois le port en lourd et la vitesse.

Pour les voies naturelles par contre, il ne semble pas possible d'établir une corrélation entre les dépenses de dragage et le niveau du trafic. Il apparaît, au contraire, que le passage des bateaux semble participer au maintien de la profondeur du chenal.

- Dépenses relatives aux défenses de rives

En ce qui concerne les canaux, les dépenses d'entretien et de renouvellement des défenses de rives artificielles convenablement dimensionnées (palplanches métalliques ou en béton) ne sont pas liées au trafic. Seules les berges non ou mal revêtues subissent des dégradations, conséquence du passage des bateaux motorisés. Pour ces berges, on peut calculer un coût marginal de renouvellement en supposant fictivement que l'érosion provoquée par un bateau supplémentaire doit être compensée par le remblaiement d'un volume de terrain équivalent. On devra prendre garde au fait que le remblaiement est très souvent difficile et donc, en général, bien plus onéreux que les remblaiements occasionnés par les travaux courants de génie civil.

Pour ce qui est des voies naturelles, on a observé que depuis l'apparition des convois poussés et avec la croissance du trafic, les dégradations des berges ont considérablement augmenté, essentiellement d'ailleurs en période de crues. Il convient d'admettre de ce fait qu'une part des dépenses de remise en état des berges doit être imputée à la navigation.

Quant aux coûts marginaux par types de bateau, il est renvoyé aux indications correspondantes reprises sous "Dépenses de dragage".

20.2 - Le coût marginal de congestion

20.20 - Généralités

Le coût marginal de congestion a été défini au début de ce chapitre comme la valeur monétaire des retards et gênes imposés au reste de la circulation par une circulation supplémentaire. Il comprend trois éléments :

- le coût des pertes de temps concernant le personnel salarié et les voyageurs individuels aussi bien que le matériel de transport ;
- le coût de l'augmentation des consommations de carburant, des opérations d'entretien, etc. ;
- le coût de la prolongation de l'immobilisation des marchandises transportées.

De ces trois éléments, le plus important est le premier. C'est aussi celui dont l'évaluation pose les problèmes les plus délicats : calcul des pertes de temps, qui comprennent non seulement les augmentations des temps de parcours sur l'infrastructure, mais également toute autre perte subie du fait de l'existence de la congestion⁽¹⁾ ; détermination de la valeur du temps des voyageurs individuels ; etc. Il convient de souligner que les coûts relatifs aux facteurs de production (personnel, matériel de transport) ne sont pris en compte que lorsque ces facteurs sont pleinement utilisés.

(1) L'évaluation de ces autres pertes se heurte actuellement dans la majorité des cas à des difficultés pratiquement insurmontables.

Le second élément est important surtout dans le cas des infrastructures routières.

Quant au troisième élément, qui se traduit par une augmentation des stocks, son importance n'est en général que relativement faible. En raison des difficultés de son évaluation, il a été renoncé à le prendre en compte dans les applications numériques concernant les trois modes de transport.

20.21 - Le coût marginal de congestion des transports par chemin de fer

Dans le cas du chemin de fer, la détermination du coût marginal de congestion doit tenir compte de deux particularités.

En premier lieu, l'état du trafic n'est pas caractérisé par la seule valeur numérique du nombre de trains de chaque catégorie par unité de temps, mais également par l'ordre dans lequel les trains sont introduits sur l'infrastructure, c'est-à-dire en définitive par le graphique de circulation.

En second lieu, dans l'état actuel de la technique du mouvement, et si l'on fait abstraction de certaines sujétions d'ordre commercial, chaque train circule à la vitesse maximale que lui permettent les caractéristiques techniques des matériels moteur et remorqué qui le composent et celles de la ligne. Son coût de circulation n'est influencé par le reste du trafic que dans la mesure où il est garé en cours de route, ralenti à défaut de possibilités de garer d'autres trains, expédié avant l'heure optimale ou retenu avant son introduction sur l'infrastructure pour des raisons de pure circulation. Les seuls éléments qui interviennent dans le coût marginal de congestion sont donc (si l'on fait abstraction du coût de l'immobilisation des marchandises transportées),

des coûts de décalage et de garage ou de ralentissement⁽¹⁾.

Remarquons que le raisonnement marginal n'est d'ailleurs transposable que moyennant certaines précautions, car la courbe des coûts ne se présente pas comme une courbe continue. Par exemple, si l'on ajoute un train à un état de trafic donné, le coût marginal de congestion correspondant sera généralement différent de celui qu'on obtiendrait en retirant un train de la même catégorie.

La méthode de calcul consiste à introduire un train d'une certaine catégorie dans un graphique donné et à évaluer les variations des coûts de décalage et de garage que sa circulation impose au reste du trafic.

Cette démarche peut faire l'objet d'une critique théorique en raison de la non-continuité de la courbe des coûts à l'échelle d'un train. La question se pose, par ailleurs, de savoir dans quel graphique doit se faire l'introduction du train marginal. Pour des raisons d'application pratique, il faudrait limiter le nombre de graphiques types sur lesquels seraient faits les essais et se référer, si on désire par exemple moduler la tarification pour deux ou trois périodes de l'année, à deux ou trois graphiques représentant le trafic moyen (au sens statistique) de chacune de ces périodes.

Pour fixer les idées, on montrera comment la méthode de calcul s'applique à un graphique correspondant à une journée représentative définie selon des critères analogues à ceux utilisés dans le paragraphe 23.31.1 à propos du problème de la répartition des coûts de capacité dans le cadre du système du coût total.

(1) Pour simplifier l'exposé, les coûts de ralentissement sont assimilés dans la suite aux coûts de garage.

La journée type choisie est divisée en périodes de 1 à 2 heures. Dans chacune de ces périodes, on introduit un train de marchandises et l'on observe les conséquences sur la circulation des autres trains.

On emploie la même méthode pour un train de voyageurs, en se limitant toutefois aux périodes dans lesquelles il y a déjà des trains de voyageurs ou dans lesquelles on peut effectivement avoir besoin d'un tel train.

Le calcul du coût des décalages et des garages ainsi constatés doit faire intervenir les éléments suivants :

a) Trains de marchandises

- Pour les coûts de décalage :

Si le train étudié ne peut partir que postérieurement à l'heure à laquelle la gare aurait pu l'expédier si le train marginal n'avait pas circulé, on prend en compte le coût d'immobilisation du matériel remorqué évalué en heures-wagon; par contre, on ne prend en considération aucun coût de décalage "traction" (la locomotive et le personnel de conduite n'ayant pas été immobilisés).

Si le départ du train étudié doit être avancé, cela peut entraîner le report d'un certain nombre de wagons sur un train plus tardif; on prend alors en compte le coût d'immobilisation supplémentaire de ces wagons. On peut aussi être obligé de créer un deuxième train qui n'aurait normalement pas circulé; dans ce cas, on prend en compte le coût de circulation de ce train augmenté du coût d'immobilisation des wagons.

- Pour les coûts de garage :

On prend en compte le coût d'immobilisation du matériel remorqué, de la locomotive et du personnel de conduite et d'accompagnement.

b) Trains de voyageurs

Pour apprécier le coût pour la collectivité d'un décalage de l'heure de départ pour les trains de voyageurs, il faut déterminer :

- 1° la différence du coût de transport avec ou sans décalage, c'est-à-dire :
 - i) pour la part des usagers qui continuent à utiliser le train, les coûts d'immobilisation (matériel roulant, engins de traction, personnel) ;
 - ii) pour la part des usagers qui utilisent un autre moyen de transport, la différence de coût entre le transport par fer et le moyen de remplacement ;
- 2° pour l'une et l'autre catégorie d'usagers, la valeur du temps perdu ;
- 3° pour les usagers renonçant à voyager, la perte correspondante.

Etant donné que le coût de ce décalage est nécessairement très important, on peut penser que le péage à percevoir du train qui en serait responsable serait trop élevé pour qu'un train de marchandises pût le supporter. Il n'est donc pas réaliste d'envisager l'hypothèse de l'introduction d'un train de cette catégorie dans une zone du graphique où il provoquerait le décalage d'un train de voyageurs.

On peut, au contraire, envisager effectivement l'introduction d'un train de voyageurs à la place d'un autre train de voyageurs, à la condition que l'on puisse supposer qu'il n'en résultera pas de report d'usagers sur d'autres moyens de transport ou d'abandon de voyage (le calcul des rubriques 1° ii) et 3° ci-dessus n'étant pratiquement pas possible). Le coût de décalage est alors égal au coût d'immobilisation du matériel roulant et du personnel augmenté de la valeur du temps perdu par les usagers.

20.22 - Le coût marginal de congestion des transports par route

La détermination du coût marginal de congestion implique la connaissance des liaisons entre les débits et les vitesses ainsi que celle des fonctions de coût, qui sont généralement liées aux vitesses. Il s'agit de chiffrer les effets sur les coûts de l'ensemble de la circulation d'une augmentation marginale du trafic. Une telle augmentation a une double répercussion. D'une part, elle entraîne une augmentation des coûts qui varient avec le temps d'utilisation des véhicules : c'est par exemple le cas des coûts relatifs à la consommation de carburant qui augmentent du fait soit de la réduction de la vitesse moyenne, soit de l'augmentation du nombre de changements de vitesse. D'autre part, elle provoque un allongement des durées de rotation des véhicules. Au cas où le volume de transport à affectuer pendant une période de temps donnée reste inchangé, il peut résulter de là la nécessité d'accroître le parc de véhicules.

Une distinction doit être faite entre les véhicules utilitaires et les voitures particulières.

a) Véhicules utilitaires

Le coût d'utilisation de ces véhicules - qui est déterminé pour une période de base d'une heure - comprend deux éléments : le coût de circulation et le coût de mise à disposition. Le coût de circulation, qui couvre les dépenses variables avec le temps d'utilisation du véhicule, comprend :

- 1° une partie des charges financières du véhicule ;
- 2° une partie de l'entretien du moteur ;
- 3° les dépenses de carburants et de lubrifiants ;

4° une majoration pour frais généraux dans la mesure où une partie de ces frais ont un caractère marginal. Dans la pratique, cet élément peut être négligé, étant donné sa faible importance et le degré d'approximation des calculs.

Le coût de mise à disposition comprend :

- 1° une partie des charges financières du véhicule ;
- 2° une partie de l'entretien du moteur ;
- 3° l'entretien du véhicule à part celui du moteur ;
- 4° les charges d'assurance ;
- 5° les salaires et charges sociales du personnel de conduite, y compris les frais de déplacement ;
- 6° une majoration pour frais généraux, à laquelle s'appliquent les mêmes remarques que celles faites ci-dessus à propos du coût de circulation.

Le coût de mise à disposition ne doit être inclus dans le coût marginal de congestion que dans le cas où l'allongement des durées de rotation entraîne effectivement une augmentation du parc, c'est-à-dire en l'absence de capacités de transport non utilisées. Dans l'hypothèse où il y aurait des excédents de capacité chroniques - les excédents dus aux fluctuations saisonnières ne sont pas pris en considération -, les coûts de mise à disposition doivent être affectés d'un coefficient de réduction approprié, fixé pour chaque type de matériel sur la base d'une analyse du marché des transports.

b) Voitures particulières

Pour ces voitures également, il convient, en premier lieu, de déterminer les coûts variant avec la circulation des véhicules. Ces coûts sont essentiellement les coûts de consommation de carburants et lubrifiants. Mais le problème principal est celui de l'évaluation du temps des occupants des voitures.

Les études conduites à ce sujet permettent de dégager les principales conclusions suivantes :

- la valeur du temps varie suivant les catégories socio-économiques et les motifs du voyage ;
- dans les décisions de choix, la variance du temps de parcours intervient de façon importante.

Les méthodes employées sont assez variées et conduisent à des valeurs dispersées. Il est renvoyé à ce sujet également à l'exposé des résultats de l'étude de la demande de transport dans la troisième partie⁽¹⁾.

20.23 - Le coût marginal de congestion des transports par voie navigable

Les considérations qui viennent d'être exposées à propos des coûts marginaux de congestion de la route sont valables mutatis mutandis également pour la navigation intérieure. Dans ce domaine et pour le cas de la Basse-Seine étudié dans l'étude pilote, des phénomènes de gêne mutuelle ne sont constatés qu'au franchissement des écluses et non pas dans les biefs.

Le problème est de déterminer le coût de l'augmentation du temps total de franchissement des écluses que la circulation d'un bateau supplémentaire d'une catégorie donnée impose au reste du trafic.

Des méthodes de calcul du temps total de franchissement, selon le type de bateau, la composition, le niveau du trafic et le type d'infrastructure, sont présentées dans l'annexe II.2.

(1) Voir chapitre 30.

On suppose donc ici connues les fonctions $t_i(Q_1, \dots, Q_n)$ où $i = 1, \dots, n$, donnant le temps moyen de franchissement d'une écluse par un bateau de la catégorie i en fonction des trafics Q_1, \dots, Q_n de chaque catégorie de bateaux arrivant à l'écluse par unité de temps (heure, journée ...). Ce temps se décompose en :

$$t_i(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) = t_i^{at} + t_i^m + t_i^{inv}$$

où t_i^{at} est le temps d'attente entre l'arrivée et l'entrée dans l'écluse ;

t_i^m est le temps de mise en place et de sortie de l'écluse pour l'ensemble des bateaux formant la bassinée ;

t_i^{inv} est le temps d'inversion, c'est-à-dire le temps d'éclusage proprement dit (manoeuvre des portes, abaissement ou relèvement du niveau d'eau).

Les études réalisées sur la Basse-Seine ont montré que :

- t_i^{inv} est indépendant du trafic et du sens de l'éclusage ;
- t_i^m est une fonction linéaire quasi homogène de la composition de la bassinée. Autrement dit :

$$t_i^m = a_1 n_1 + a_2 n_2 + \dots + a_n n_n$$

où n_1, n_2, \dots, n_n sont les nombres de bateaux de chaque catégorie entrant dans l'écluse pour la même bassinée, et a_1, a_2, \dots, a_n sont des constantes ne dépendant que de l'écluse, représentant le temps de mise en place et de sortie d'un bateau de type 1, 2, ... n.

De même que les coûts d'utilisation des véhicules utilitaires, ceux des bateaux (calculés également sur une base horaire) se composent d'un coût de circulation couvrant les dépenses variables avec l'utilisation du bateau et d'un coût de mise à disposition de l'élément propulsif. A ces deux coûts, il faut ajouter le coût de mise à disposition des barges éventuellement accouplées à l'élément propulsif.

Le coût de circulation du bateau comprend :

- 1° une partie des charges financières du moteur correspondant à l'amortissement qui dépend du nombre d'heures d'utilisation effective ;
- 2° la majeure partie de l'entretien du moteur ;
- 3° les dépenses de carburants et lubrifiants ;
- 4° les primes de navigation (suppléments de salaire attribués pendant les heures de navigation effective) ;
- 5° une majoration pour frais généraux, dans la mesure où une partie de ces frais ont un caractère marginal. Cette dernière majoration peut être laissée de côté en pratique, étant donné sa faible importance et le degré d'approximation des calculs.

Le coût de mise à disposition de l'élément propulsif comprend :

- 1° les charges financières de la coque ;
- 2° une partie des charges financières du moteur ;
- 3° l'entretien de la coque et une partie de l'entretien du moteur ;
- 4° les assurances ;
- 5° les salaires et charges sociales de l'équipage ;
- 6° une majoration pour frais généraux (cf. remarque ci-dessus en 5° à propos du coût de circulation).

Le coût de mise à disposition des barges est calculé selon les mêmes principes.

Les remarques faites au paragraphe 20.22 au sujet de la prise en compte des coûts de mise à disposition des véhicules utilitaires routiers s'appliquent également ici (distinction entre le cas de l'existence d'une surcapacité chronique et celui de l'absence d'une telle surcapacité).

20.3 - Le coût marginal externe

L'utilisation des infrastructures de transport s'accompagne de certaines désutilités pour la collectivité, qui peuvent être classées en trois grandes catégories : les nuisances aux riverains, les accidents de la circulation, les imposées par un mode de transport aux usagers d'un autre mode de transport.

Les nuisances comprennent les phénomènes de pollution de l'air, de l'eau, de bruit, de détérioration des édifices, de dégradation des sites, etc. Elles sont particulièrement importantes en milieu urbain. Il s'avère extrêmement difficile de les évaluer dans l'état actuel des connaissances. On a donc été contraint de ne pas en tenir compte. Cette lacune n'est cependant pas très grave dans l'étude pilote, qui s'intéresse principalement aux infrastructures de rase campagne.

Il importe de souligner la très grande importance qui s'attache aux recherches sur les coûts des nuisances dans la perspective du développement des travaux sur la tarification de l'usage des infrastructures.

Les accidents ne posent pas les mêmes problèmes d'évaluation et font déjà l'objet de nombreuses études qui font ressortir que le risque d'accident est incomparablement plus fort pour la route que pour les

autres modes de transport. Ceci est vrai à la fois en milieu urbain et en rase campagne. Seuls ont été pris en compte dans l'étude pilote les coûts marginaux des accidents de la route.

Les méthodes d'évaluation de ces coûts sont exposées dans l'annexe II.3.

En ce qui concerne les gênes imposées par un mode de transport aux usagers d'un autre mode de transport et qui sont liées à l'existence d'ouvrages de croisement tels que passages à niveau et ponts mobiles, il y a lieu d'en imputer le coût au mode de transport qui bénéficie de la priorité à ces ouvrages. L'évaluation de ces coûts est effectuée selon les méthodes de calcul précisées dans la section précédente pour le coût marginal de congestion.

CHAPITRE 21

LE SYSTEME DES PEAGES ECONOMIQUES

21.0 - Principes de base

Comme le système des coûts marginaux sociaux, le système des péages économiques est fondé également sur la théorie de l'allocation optimum des ressources. Mais alors que le premier vise à réaliser l'utilisation optimale des infrastructures sans aucune contrainte, le second cherche à maximiser le surplus distribuable sous la contrainte que l'utilisation de la capacité de l'infrastructure est limitée à un seuil qui ne doit pas être dépassé. C'est l'imposition de cette contrainte qui explique les différences entre les deux systèmes.

Le système des péages économiques se fonde implicitement sur l'hypothèse qu'en deçà de ce seuil le coût marginal de congestion et le coût marginal externe restent négligeables.

La condition essentielle d'une allocation optimum des ressources au point de vue de la formation des prix est l'égalisation de l'offre et de la demande par le prix. Tout se passe dans une situation d'allocation optimum des ressources comme s'il existait explicitement ou implicitement un système unique de prix pour tous les agents économiques, représentatif de leurs équivalences marginales.

Pour un processus de production quelconque faisant intervenir un équipement durable, le prix doit être égal au coût marginal de production à l'exclusion de toute rémunération de l'équipement si cet équipement n'est pas pleinement utilisé, et égal à ce coût marginal majoré d'une rente juste suffisante pour égaler la demande à la capacité de production s'il est pleinement utilisé.

Le prix d'usage optimum d'un bien durable est donc la somme de deux éléments: coût marginal d'usage et rente marginale.

Ces principes sont tout naturellement transposables au cas des infrastructures. Le prix d'usage optimum est alors désigné sous le terme de péage économique. Le coût marginal d'usage est appelé également péage de coût, et la rente marginale péage pur.

S'il n'y a pas saturation (au sens économique du mot tel qu'il est défini ci-dessous), le péage économique est égal au péage de coût. S'il y a saturation, le péage économique est tel qu'il égalise la demande à la capacité. Le péage pur varie évidemment avec l'intensité de la demande par rapport à la capacité existante de l'infrastructure; il a le caractère d'une rente de rareté.

Il importe de souligner qu'à un instant quelconque le péage économique est indépendant des dépenses passées de même que des coûts indépendants du trafic.

Dans le cas général, l'application aux infrastructures de transport d'une tarification fondée sur les péages économiques conduit à un déficit, en raison de l'existence d'indivisibilités et de rendements croissants.

Pour la détermination des coûts marginaux d'usage, qui constituent l'élément commun au le système des péages économiques et à celui des coûts marginaux sociaux, il est renvoyé au chapitre 20. Seule sera traitée dans le présent chapitre la question de la détermination du péage pur.

21.1 - Le péage pur.

21.10 - Considérations générales.

Le péage pur, on vient de le voir, est destiné à égaler la demande à la capacité. Sa détermination exige que soit fixée une limite de capacité dite économique qui ne doit pas être dépassée, même si cela est physiquement possible.

La justification de la fixation d'une capacité économique, qui est par définition inférieure à la capacité maximum, se déduit de la constatation qu'au-delà d'un certain point, l'utilisation d'un équipement d'infrastructure occasionne des phénomènes fâcheux tels que files d'attente, restrictions à la liberté de manoeuvre, et les risques de perturbation de l'exploitation deviennent de plus en plus graves. Autrement dit, il semble bien que pour tous les modes de transport les phénomènes de congestion et de coûts marginaux externes restent faibles tant que les trafics demeurent inférieurs à un certain seuil, puis croissent très rapidement au-delà de ce seuil. Si la contrainte de capacité économique est fixée en deçà de ce seuil, l'hypothèse selon laquelle le coût marginal de congestion et le coût marginal externe sont négligeables paraît donc justifiée.

En outre, on peut considérer que le service offert par les gestionnaires de l'infrastructure ne se définit pas seulement par la possibilité qui est donnée aux usagers d'effectuer un déplacement entre deux points, mais également par la garantie que ce déplacement puisse être réalisé dans des conditions déterminées de vitesse, confort, sécurité, etc. connues à l'avance. Cette garantie doit être définie en termes de probabilité de défaillance. A titre d'exemple, on peut supposer que les autorités gérant les autoroutes désirent assurer aux usagers la garantie de pouvoir circuler, avec une probabilité de défaillance de 1/1000, à une vitesse supérieure à 80 km/heure. Dans ce cas, le tarif d'usage de l'autoroute doit être fixé à un instant quelconque de façon telle qu'il n'y ait qu'une chance sur mille pour qu'un usager soit contraint de circuler à moins de 80 km/heure.

Sous réserve des observations ci-dessus, le problème de la fixation d'un seuil de capacité au-delà duquel on considère qu'il y a saturation ne peut recevoir qu'une solution conventionnelle. Définir cette solution conventionnelle ne présente cependant pas de difficultés majeures dans le cas d'un trafic homogène, c'est-à-dire d'une seule catégorie d'utilisateurs dont on peut supposer qu'ils ont tous à peu près les mêmes exigences quant à la qualité de service minimum. Il en va différemment pour un trafic hétérogène, ce qui est le cas général des infrastructures de transport. Les passagers de voitures particulières par exemple n'ont pas les mêmes exigences quant à la vitesse de circulation que les transporteurs utilisant des trains routiers. De plus, ces exigences varient selon les motifs de voyage ainsi que selon les infrastructures en fonction de leurs caractéristiques géométriques.

Les péages purs afférents aux diverses catégories de circulation sont déterminés directement, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à une notion de coefficient d'équivalence. Les coefficients d'équivalence ne peuvent être définis qu'a posteriori comme les rapports des péages purs ; ils sont égaux aux rapports des dérivées partielles de la fonction de saturation f au point d'équilibre. Par exemple, le coefficient d'équivalence de la catégorie 2 par rapport à la catégorie 1 est

$$e_{2,1} = \frac{\frac{\delta f}{\delta Q_2}}{\frac{\delta f}{\delta Q_1}} .$$

Dans les paragraphes suivants sont présentés des essais de solution au problème de la définition de la saturation qui tiennent compte des situations propres à chacun des modes de transport.

Trois remarques finales importantes doivent être faites.

En premier lieu, la capacité économique est fixée par le biais d'une qualité de service minimum dont la définition intègre tous les aspects de l'utilisation de l'infrastructure (transport proprement dit, confort, sécurité, désutilité aux riverains). Le péage pur se substitue donc non seulement au coût marginal de congestion, mais également au coût marginal externe.

En second lieu, l'application du système des péages économiques peut conduire, par rapport à l'utilisation de l'infrastructure qui résulterait d'une tarification au coût marginal social, à une utilisation plus importante ou, au contraire, moins importante, selon que le péage économique est inférieur ou supérieur au coût marginal social. En ce qui concerne la sous-utilisation, elle est d'autant plus importante que la qualité minimum de service assurée est plus élevée. Sa contre-partie normale et nécessaire réside précisément dans la garantie d'un service correspondant aux exigences des usagers. On peut d'ailleurs considérer que ce n'est pas une sous-utilisation véritable si la collectivité juge utile d'imposer cette qualité de service minimum.

En troisième lieu, et contrairement au système des coûts marginaux sociaux, le calcul des péages économiques requiert la connaissance préalable des élasticités de demande.

2¹.11 - Chemin de fer

En ce qui concerne le chemin de fer, il semble que la saturation physique constitue une notion parfaitement claire. Ce point de vue s'explique sans doute par les particularités du mode d'exploitation ferroviaire, où les conditions de circulation des trains et essentiellement leur vitesse dépendent dans une moins large mesure de l'ensemble du trafic que n'en dépend la circulation des véhicules sur une route.

Ce n'est qu'aux approches de la capacité physique que se manifestent des phénomènes d'interaction entre les circulations de trains. Au voisinage de ce point, les irrégularités de marche d'un train ont des répercussions sur la marche de l'ensemble des autres trains.

La capacité économique doit être définie de façon telle que ces phénomènes ne se manifestent pas si elle n'est pas dépassée.

Pour fixer les idées, on peut examiner le cas où une infrastructure achemine deux catégories de trains dont l'une (trains de voyageurs) bénéficie d'une priorité, qui lui assure une qualité de service constante quelle que soit son importance.

Dans ces conditions, il est souhaitable de définir une contrainte de qualité sur l'autre catégorie (trains de marchandises) en limitant par exemple le nombre de "garages" admissibles sur un parcours donné. On pourrait d'ailleurs également limiter le temps de parcours des trains de marchandises.

Il est à peu près sûr que le respect de cette dernière contrainte correspondrait à la définition d'une capacité économique satisfaisant aux conditions.

La fonction de saturation économique est ainsi définie par un temps de parcours maximum des trains de marchandises et un temps de parcours constant pour les trains de voyageurs.

21.12 - Route

L'observation directe de la circulation et les mesures expérimentales montrent, lorsque la densité de véhicules augmente, plusieurs types de circulation :

1. Circulation libre : les véhicules sont indépendants les uns des autres et ne s'influencent pas de façon sensible.
2. Circulation congestionnée : la densité est plus forte. Chaque véhicule est influencé par le reste de la circulation mais faiblement ; la vitesse moyenne diminue très lentement lorsque la densité augmente.
3. Circulation saturée : pour un certain seuil variable de densité, chaque véhicule est fortement influencé par le reste de la circulation. Il apparaît des mouvements brusques et des fluctuations aléatoires de la vitesse.

L'usager associe à ces conditions de circulation, les notions de confort et de sécurité. Les situations 1 et 2 correspondent à de bonnes conditions de circulation ; lorsque la saturation commence à se manifester, la qualité du service se dégrade, le niveau de sécurité diminue beaucoup. Le coût marginal social augmente très rapidement.

Ces phénomènes apparaissent sur toutes les routes. Les débits observés dans chaque type de circulation dépendent beaucoup des caractéristiques géométriques de la route (nombre et largeur des voies, tracé en plan, profil abords), des conditions atmosphériques et, surtout, du comportement des usagers.

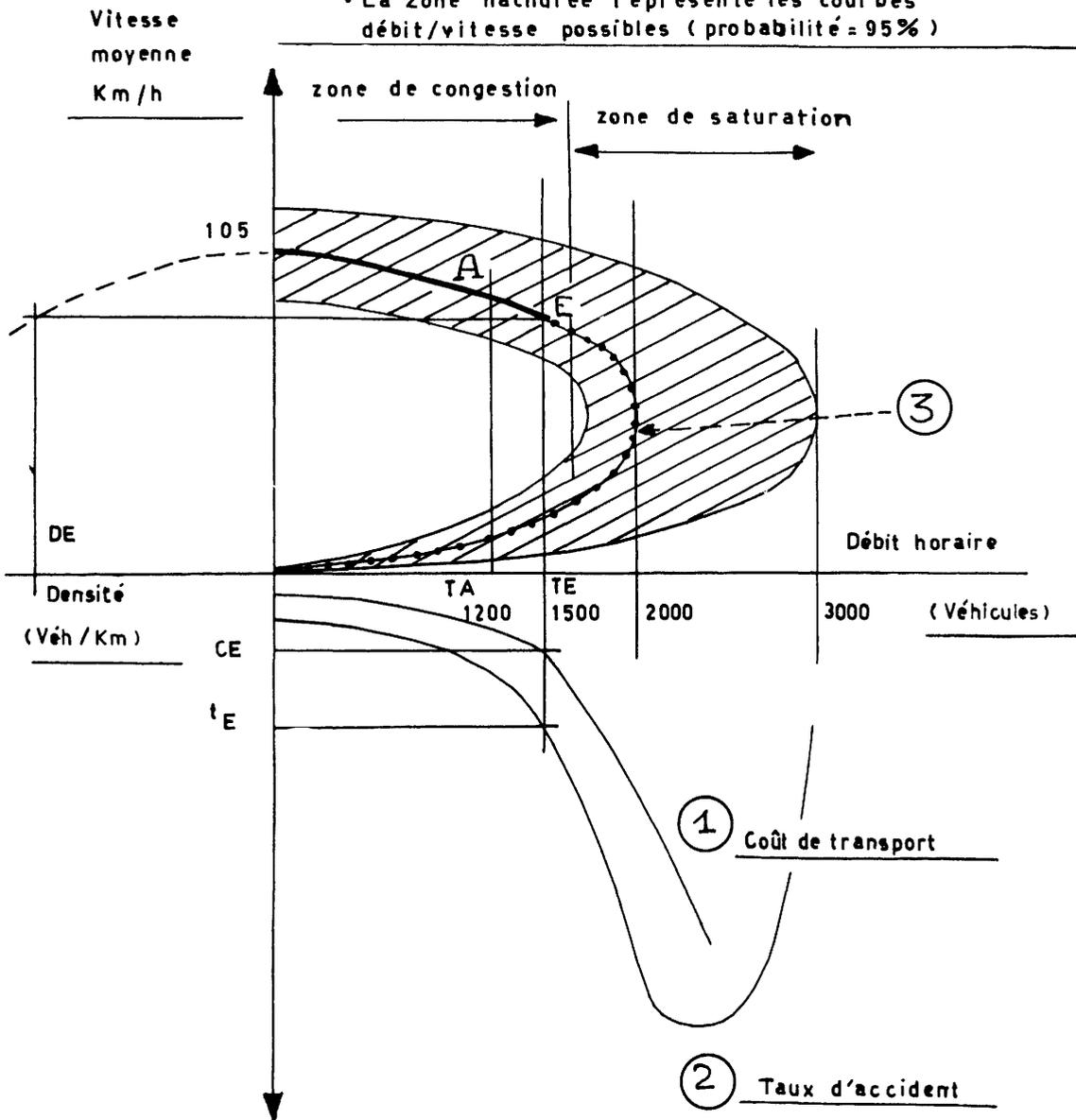
On constate qu'au-delà d'un certain seuil, les conditions de circulation se dégradent rapidement (voir graphique page 103). La zone B C correspond à l'apparition dans le trafic de phénomènes de saturation. La courbe donnant le taux d'accident croît brusquement dans cette zone ainsi que la courbe des coûts moyens.

Une telle situation présente beaucoup d'inconvénients et il peut être jugé souhaitable de l'éviter en maintenant le trafic au-dessous d'un seuil à définir.

La notion de capacité économique n'est pas une notion nouvelle dans le domaine des infrastructures routières. Elle a notamment été utilisée aux Etats-Unis, dont le réseau routier a été construit sur la base de la règle de la trentième heure qui peut être considérée comme définissant une capacité économique. D'après cette règle, la qualité de service d'une route donnée doit être assurée de façon continue, la probabilité de défaillance étant réduite à une valeur très faible puisqu'elle ne dépasse pas trente heures par an.

Le choix d'une fonction de saturation ne peut cependant être résolu que de façon conventionnelle. Le principal problème qu'il soulève est celui de savoir s'il faut déterminer une qualité de service global pour l'ensemble du trafic, un trafic mixte étant converti en un trafic homogène équivalent au moyen de coefficients d'équivalence relatifs à l'occupation de la capacité tels que ceux définis dans l'annexe II.4, ou des qualités de service individuelles pour chaque catégorie de véhicules, ou encore des qualités de service différentes selon la période (par exemple week-end, matin ou soir, période de vacances). Le critère retenu dans ces différentes hypothèses serait par exemple celui de la vitesse minimum.

Nota . La partie en points de la courbe débit/vitesse représente les situations de trafic qu'il y a lieu d'éviter par l'introduction des péages économiques
 • La zone hachurée représente les courbes débit/vitesse possibles (probabilité = 95%)



Lois d'écoulement du trafic

- 1 Coût de transport / Débit
- 2 Taux d'accident / Débit
- 3 Vitesse moyenne / Débit

DE - Densité économique
 TA - Capacité pratique
 TE - Capacité économique

La première solution paraît peu conforme à l'esprit du système des péages économiques qui veut que les usagers aient la garantie d'une qualité de service minimum et connue à l'avance. Or, dans cette solution, la valeur de la fonction de saturation varie selon le niveau et la composition du trafic. La deuxième solution présente l'inconvénient que c'est toujours la contrainte la plus sévère à laquelle on se heurtera. Elle paraît cependant, comme également la troisième, mieux en harmonie avec l'essence du système examiné ici.

21.13 - Voie navigable

Le service fourni aux usagers étant l'utilisation de l'infrastructure pendant une période de temps donnée, la saturation économique doit elle aussi être définie pour cette même période de temps. Pour fixer les idées, on raisonnera dans la suite sur une heure.

On peut définir soit une fonction de saturation globale pour l'ensemble des bateaux : $f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$, soit une fonction de saturation individuelle $f_i(Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$ pour chaque type de bateau $i = 1, 2, \dots, n$.

La saturation économique est alors définie sous la forme d'une contrainte.

$$f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \ll f_{\max}$$

où Q_1, Q_2, \dots, Q_n sont les trafics horaires de chaque catégorie.

Une fonction de saturation globale consisterait par exemple à choisir comme critère le temps total ou le coût total de transport pour la collectivité. Si l'emploi d'une telle contrainte est satisfaisant sur le plan de la théorie, son application pratique pose beaucoup de problèmes, car elle nécessite l'intégration de nombreuses données sur les trafics, les temps de franchissement et les coûts, qu'il faut connaître au niveau de chaque ouvrage et en permanence.

Considérant ces difficultés pratiques, il semble souhaitable de rattacher la définition de la saturation à des données physiques directement mesurables, qui sont les temps de franchissement des ouvrages par les diverses catégories de bateaux. Ces temps sont définis et décomposés en temps d'attente, temps de mise en place et de sortie, et temps d'inversion.

Pour maintenir la symétrie, il est nécessaire d'imposer un maximum, différent a priori, sur le temps de franchissement pour chaque catégorie, soit :

$$\begin{aligned} t_1 (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) &\ll t_{1 \text{ max}} \\ t_2 (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) &\ll t_{2 \text{ max}} \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ t_n (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) &\ll t_{n \text{ max}} \cdot \end{aligned}$$

La saturation économique est atteinte lorsque les trafics horaires Q_1, Q_2, \dots, Q_n arrivant à l'ouvrage sont tels que l'une des fonctions t_1, t_2, \dots, t_n au moins a une probabilité déterminée (probabilité de défaillance) d'atteindre une valeur maximum.

On peut, par exemple, choisir pour ce maximum le temps de franchissement de l'ouvrage calculé suivant la décomposition indiquée au § 20.23 avec les hypothèses de temps suivantes :

./.

Le temps d'inversion t_{\max}^{inv} et le temps de mise en place et de sortie t_{\max}^{n} sont calculés pour chaque sas pour le remplissage maximum, par exemple en utilisant les formules établies dans le paragraphe précité :

$$t^{\text{n}} = a_1 n_1 + a_2 n_2 + \dots + a_n n_n .$$

Le temps d'attente t_{\max}^{at} est pris égal à $\frac{1}{2} K_s$ ($\frac{1}{2}$ cycle d'éclusage de saturation), pour lequel on retient la valeur suivante :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} K_s &= t_{\max}^{\text{inv}} + t_{\max}^{\text{n}} \\ t_{\max}^{\text{at}} &= t_{\max}^{\text{n}} + t_{\max}^{\text{inv}} = \frac{K_s}{2} . \end{aligned}$$

Une possibilité de solution consiste à fixer la même contrainte pour toutes les catégories de bateaux :

$$\begin{aligned} t_{1 \max} = t_{2 \max} = \dots = t_{n \max} &= t_{\max}^{\text{at}} + t_{\max}^{\text{n}} + t_{\max}^{\text{inv}} \\ &= \frac{K_s}{2} + \frac{K_s}{2} = K_s . \end{aligned}$$

Il paraît cependant plus logique de tenir compte du fait que la valeur du temps des diverses catégories de bateaux n'est pas la même et de moduler en conséquence les temps de franchissement de saturation $t_{1 \max}, t_{2 \max}, \dots, t_{n \max}$ en fonction inverse des coûts.

On aurait alors :

$$c_1 t_{1 \max} = c_2 t_{2 \max} = \dots = c_n t_{n \max} .$$

CHAPITRE 22

LE SYSTEME DE L'EQUILIBRE BUDGETAIRE

22.0 - Principes de base

D'après l'annexe 3 de la décision du Conseil n° 65/270/CEE, il faut entendre par système de l'équilibre budgétaire un système de prix pour l'utilisation des infrastructures basé sur le système des péages économiques et dont l'application assure, pendant la période de référence considérée, la couverture des dépenses par les recettes correspondant aux paiements des usagers des infrastructures. Ce système exclut donc toute subvention des pouvoirs publics au financement des dépenses relatives aux infrastructures. L'existence de rendements croissants dans l'infrastructure a pour conséquence que, dans un certain nombre de cas, une tarification optimum entraîne un déficit.

Il résulte de là que l'équilibre budgétaire ne représente qu'une contrainte supplémentaire. En aucun cas, les prix à percevoir pour l'utilisation des infrastructures ne peuvent être inférieurs aux prix optimaux. Ils sont égaux à ces derniers dans le cas où il n'y a pas de déficit. Ils y sont supérieurs dans les cas où il y a un déficit.

Comme la tarification optimum est étudiée sous la forme de deux variantes représentées respectivement par le système des coûts marginaux sociaux et celui des péages économiques, le système de l'équilibre budgétaire devrait être défini également par référence à chacune de ces variantes.

Par ailleurs, il peut comporter le recours à l'emprunt ou, au contraire, son exclusion. Comme ces deux possibilités peuvent se combiner avec les deux variantes qui viennent d'être définies, on aboutit théoriquement à quatre variantes distinctes.

Dans le cadre de l'étude pilote, il a toutefois été décidé, pour des raisons de simplification, et compte tenu des conditions particulières d'utilisation de la capacité économique des infrastructures étudiées, qui n'autorisent la perception d'un péage de saturation que pour certaines sections de voie, de ne retenir comme base que le système des coûts marginaux sociaux et d'étudier à son propos et sous leur forme pure les deux solutions de financement définies ci-dessus.

En ce qui concerne ce dernier point, il importe de souligner que la définition des modalités de financement qui est ainsi adoptée a un caractère purement conventionnel et qu'elle ne doit en aucune façon être considérée comme constituant une norme pour d'éventuelles applications pratiques. Les parts respectives de l'autofinancement et du recours à l'emprunt devraient plutôt être fixées en fonction des exigences découlant de la recherche d'un optimum économique général. Mais les éléments permettant de définir une telle solution ne sont pas disponibles actuellement. Sur ce point, comme d'ailleurs sur celui de la répartition du déficit entre catégories d'utilisateurs, des recherches plus approfondies sont nécessaires.

22.1 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt

Dans ce système, il faut que, chaque année, la somme des recettes provenant des utilisateurs soit égale à la somme des dépenses d'entretien, de fonctionnement, de renouvellement et des frais généraux augmentée des dépenses de constructions nouvelles (1).

(1) Le choix de l'année comme période de réalisation de l'équilibre est purement conventionnel et dicté par des raisons d'ordre opérationnel. La définition théoriquement correcte de l'équilibre budgétaire peut se formuler comme suit : à un instant quelconque, il faut qu'il y ait égalité en valeur actualisée entre toutes les dépenses et toutes les recettes futures (à l'exclusion de toute subvention), compte tenu de la considération d'une constante représentant la valeur de l'actif ou du passif à cet instant.

Il a paru toutefois difficile, sur le plan d'un axe particulier, d'appliquer cette définition de façon rigoureuse. En vue d'éliminer les fluctuations des tarifs dues à des variations trop importantes des dépenses d'une année à l'autre, on est convenu, sur le plan pratique, de considérer la somme des recettes à réaliser chaque année comme égale à la moyenne mobile d'une période de plusieurs années autour de l'année pour laquelle est fait le calcul, la durée de cette période étant fixée en fonction des conditions de chaque cas d'espèce.

22.2 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt

Dans cette variante, la somme totale à couvrir par les utilisateurs au cours de chaque année est constituée par les dépenses de cette année qui ne sont pas couvertes par voie d'emprunt et le service des emprunts existants⁽¹⁾.

Les modalités adoptées pour la variante sans possibilité d'emprunt en vue d'éliminer les fluctuations des tarifs dues à des variations trop importantes des dépenses sont appliquées également à la variante examinée ici.

Pour les infrastructures anciennes, il se pose le problème de la fixation d'une dette initiale représentant la part non encore amortie des emprunts contractés antérieurement à la date du calcul.

Deux problèmes sont particuliers à cette méthode : celui de la détermination des dépenses pour le financement desquelles on peut recourir à l'emprunt et celui des modalités des emprunts éventuels.

En ce qui concerne le premier problème, on a fixé une règle simple d'après laquelle le recours à l'emprunt est obligatoire pour la totalité des dépenses d'investissement, celles-ci comprenant à la fois les dépenses de constructions nouvelles et d'extension et celles de renouvellement. Conformément à l'observation présentée à la fin de la section 22.0, cette règle, qui a été adoptée pour des raisons de facilité des calculs, n'a aucun caractère normatif pour des applications réelles.

(1) Voir renvoi page précédente.

Pour fixer les modalités des emprunts éventuels, il y a lieu de tenir compte, en principe, des possibilités réelles et des usages du marché financier du pays considéré. En pratique, ceci revient à prendre en compte les conditions des emprunts publics à long terme en ce qui concerne tant le taux d'intérêt et la durée que le remboursement. Etant donné l'objet de l'étude, il convient de se baser sur des conditions égales pour les trois modes de transport, quelles que soient les modalités effectives de financement des dépenses.

22.3 - Problèmes communs aux diverses variantes

22.30 - Répartition du déficit éventuel

Etant donné la définition adoptée du système d'équilibre budgétaire, dont la base est constituée par la tarification au coût marginal, un problème de répartition conventionnelle des dépenses entre fonctions et catégories d'utilisateurs des infrastructures n'est susceptible de se poser que pour le déficit. Encore peut-on faire remarquer que ce problème peut en principe recevoir une solution unique puisqu'il s'agit de déterminer les prix optimaux sous la contrainte d'équilibre budgétaire.

En théorie, c'est le déficit total défini comme la différence entre les dépenses totales relatives aux infrastructures considérées et les recettes totales correspondant aux prix optimaux pour toutes les fonctions de ces infrastructures qui devrait être réparti entre les fonctions et les catégories d'utilisateurs des transports. Etant donné cependant que la détermination du déficit total exigerait le calcul des prix optimaux pour les fonctions des infrastructures étrangères au transport, calcul qui soulève des difficultés trop importantes actuellement, on a retenu, à titre de solution pratique, une autre démarche qui consiste à éliminer au préalable les dépenses relatives à ces fonctions. Sont éliminées de même les dépenses imputables à d'autres modes de transport dans le cas d'ouvrages de croisement. La détermination de ces deux catégories de dépenses se fait selon les méthodes retenues dans le cadre du système du coût total.

Le déficit restant, qui, pour une période déterminée, tient compte du déficit ou de l'excédent reporté de la période précédente, concerne ainsi les seuls utilisateurs du mode de transport considéré. Comme il a été indiqué plus haut, sa répartition peut faire en principe l'objet d'une solution unique. Toutefois, en l'état actuel des connaissances, seule une solution approchée non exempte de critique peut être obtenue.

Dans l'étude pilote, à titre de première approximation, on a retenu la répartition du déficit proportionnellement au coût marginal social. Les hypothèses nécessaires à cet égard sont que la demande est une fonction des rapports entre les coûts et que l'élasticité est identique entre les modes de transport, hypothèses qui ne sont évidemment pas entièrement réalistes.

Une autre solution possible consiste à répartir le déficit au prorata de l'occupation de la capacité en utilisant les coefficients d'équivalence déterminés conformément à la méthode exposée dans l'annexe II.4.

Il se peut que l'application de ces règles de répartition conduise à des résultats non souhaitables en ce sens que les péages d'équilibre varieraient considérablement dans le temps en relation avec la variation des dépenses totales et, partant, du déficit total. Ce risque, bien qu'atténué, dans une certaine mesure, par la prise en considération d'une moyenne mobile des dépenses, existe en particulier lorsque la période de référence choisie est l'année. Dans ce cas, et afin d'obtenir une courbe des péages totaux, c'est-à-dire comprenant le coût marginal social et le péage d'équilibre, dont l'allure ne soit pas trop différente de celle de la courbe du coût marginal social, il peut être nécessaire d'effectuer une péréquation sur une période plus longue, de cinq ans par exemple. Pour déterminer les cas où une telle péréquation serait nécessaire, on comparera les taux annuels de croissance respectifs du trafic et des dépenses totales.

Le péage d'équilibre par unité s'obtient dans ce cas en divisant le déficit actualisé à la date du calcul par le trafic actualisé à la même date.

Dans tous les autres cas, où les péages d'équilibre ne varient que faiblement dans le temps, la contrainte d'équilibre budgétaire peut être imposée pour des périodes annuelles.

22.31 - Différenciation des tarifs et péréquation dans l'espace

Il est important de faire une distinction entre la différenciation des tarifs et la péréquation géographique du déficit.

La base du système de l'équilibre budgétaire étant constituée par une tarification au coût marginal, il faut s'attacher à conserver l'avantage essentiel de cette dernière qui est de permettre une utilisation optimale des infrastructures existantes grâce à une différenciation appropriée des prix d'usage.

Dans le cas où le système des coûts marginaux sociaux conduit à un déficit important et où il serait, partant, nécessaire d'appliquer des péages d'équilibre élevés, il peut s'imposer qu'on ait des zones suffisamment étendues pour que les péages puissent être ramenés à des niveaux acceptables grâce à la répartition du déficit sur un plus grand nombre d'unités sans que soit compromise pour autant la base du système, qui est la tarification au coût marginal.

Dans l'étude pilote, ces considérations conduisent à imposer la contrainte d'équilibre budgétaire pour l'ensemble des infrastructures de chacun des modes de transport, sans distinction de catégories d'infrastructures à l'intérieur des modes.

CHAPITRE 23

LE SYSTEME DU CCUT TOTAL (OU COUT ECONOMIQUE COMPLET)

23.0 - Principes de base et portée du système

Le coût total (ou coût économique complet) est constitué par l'ensemble des unités de valeur qui doivent être sacrifiées pour qu'une production déterminée puisse être assurée.

Appliqué au secteur des infrastructures de transport, le système basé sur la notion de coût total a pour objet la détermination, selon des principes dérivés de l'économie d'entreprise, de la totalité des coûts occasionnés par la mise à disposition et l'utilisation des infrastructures existantes. Son caractère spécifique réside essentiellement, d'une part, dans la façon dont sont prises en compte les charges d'investissement et, d'autre part, dans les méthodes appliquées pour répartir les coûts entre les catégories d'utilisateurs des infrastructures.

Contrairement aux autres systèmes, le calcul du coût total n'équivaut pas en lui-même à une fixation des prix pour l'usage des infrastructures, ces prix dépendant entre autres des conditions de la demande. Il peut fournir cependant un élément d'appréciation pour leur fixation. Les résultats du calcul pourraient, en effet, si l'on estime qu'ils représentent les coûts pour la collectivité des infrastructures existantes, être considérés comme un terme de référence pour apprécier dans quelle mesure les différentes méthodes de tarification permettent d'assurer la couverture de ces coûts, et cette comparaison pourrait aider à orienter le choix du système de tarification.

L'essence même de ce système implique que les sacrifices nécessaires à la production (ou coûts) ne sont pas nécessairement égaux aux dépenses effectives. Les différences s'expliquent, entre autres par les faits suivants :

./.

- la valeur des moyens de production peut s'écarter du prix d'acquisition en raison, par exemple, des fluctuations de prix. Dans ce cas, le sacrifice n'est pas déterminé par la dépense initiale, mais par la valeur économique au moment du calcul de coût (dont la définition est donnée ci-après au § 23.10.0) ;
- dans le cas de moyens de production durables, les sacrifices sont répartis sur toute la durée de vie, tandis qu'en règle générale les dépenses sont concentrées aux alentours de la date d'acquisition. Dans ce cas, les sacrifices sont mesurés par l'amortissement ;
- il se peut qu'au cours de la durée de vie d'une installation, certaines dépenses n'apparaissent pas comme nécessaires à la production. Il ne faut pas dès lors les considérer comme un sacrifice nécessaire mais comme une perte ;
- certains coûts, tel par exemple l'intérêt sur le capital propre investi, ne donnent pas toujours lieu à une dépense effective.

Pour le calcul du coût d'une prestation de circulation déterminée, on peut distinguer trois étapes, qui soulèvent des problèmes de nature différente et ne se présentent pas en des termes rigoureusement identiques pour les trois modes de transport, en raison de la situation particulière de chacun d'eux :

- a) détermination du coût total des infrastructures. Cette phase, dans laquelle il n'est pas fait de distinction entre les coûts selon qu'ils sont imputables au transport ou à d'autres utilisations des infrastructures, concerne à la fois les réseaux routiers, ferroviaires et de voies navigables ;
- b) détermination de la part de ce coût imputable à la fonction de transport et à chacun des modes de transport intéressés ;
- c) détermination des coûts imputables à chaque catégorie de circulation.

23.1 - Détermination du coût total des infrastructures

Dans cette première phase, il s'agit d'établir le coût relatif à l'ensemble des services rendus par les infrastructures pendant une période donnée.

Le calcul porte sur quatre catégories de coûts distinctes selon leur nature, à savoir les coûts de fonctionnement, les coûts d'entretien, les frais généraux d'administration et les charges de capital. La détermination des trois premières et leur affectation à une période donnée ne posent, sauf pour les coûts des grosses réparations, aucun problème particulier. Par contre, le calcul des coûts de capital est effectué selon des méthodes sui generis.

23.10 - Coûts de capital

Les coûts de capital d'une période donnée représentent la diminution de valeur de l'installation au cours de cette période exprimée par l'amortissement, et les intérêts relatifs au capital investi.

Le calcul des coûts de capital suppose ainsi la connaissance de la valeur du capital immobilisé, du taux d'intérêt et de la durée d'utilisation de l'installation, ainsi que le choix d'un rythme d'amortissement.

Comme le système du coût total cherche à mesurer la valeur actuelle des sacrifices, tous ces termes doivent être pris en compte à leur valeur à la date du calcul.

Il importe de souligner une différence essentielle entre l'amortissement économique au sens qui vient d'être défini et l'amortissement comptable. Alors que ce dernier est sans objet dès que la valeur comptable de l'installation atteint zéro, l'amortissement économique est une nécessité aussi longtemps que l'installation reste engagée dans le processus de production.

23.10.0 - Détermination de la valeur

D'après les principes mêmes du système du coût économique complet, la valeur à prendre en compte pour le calcul des coûts de capital est la valeur économique des installations.

Sur le plan théorique, la valeur économique des biens trouve son fondement dans leur utilité et dans leur rareté relative. En général, la valeur d'un bien résulte de l'ensemble des rapports de l'offre et de la demande pour ce bien et est mesurée par le prix qui se forme sur le marché de ce bien.

Dans le cas particulier des infrastructures de transport, il n'existe pas de marché des biens en cause. Néanmoins, il existe pour ces installations, qui ne sont que rarement vendues et achetées, une offre et une demande. L'offre est représentée par les possibilités de remplacement de l'installation, la demande par les possibilités d'utiliser les installations à des fins productives. Le remplacement d'une installation exige le sacrifice d'une certaine quantité de moyens de production, ce sacrifice étant appelé "valeur de remplacement".

Dans d'autres cas, une installation même relativement récente peut être sujette à une obsolescence si rapide et si complète en raison du progrès technique que le produit de sa vente (ou celui de la vente de ses produits) sur le marché devient très faible et même, dans des cas extrêmes, tombe au niveau de la valeur de la ferraille. Cette dernière valeur représente évidemment la limite inférieure de la valeur de l'installation, tandis que le sacrifice que l'on doit consentir pour le remplacement de l'installation même constitue la limite supérieure de cette valeur.

Cette appréciation sur la base du sacrifice à consentir pour le remplacement est parfaitement indépendante de la question de savoir si une substitution a effectivement lieu ou non; elle consiste uniquement dans la constatation d'une donnée objective, à savoir le prix exigé sur le marché pour une installation économiquement identique.

Que l'installation de remplacement soit identique ou non du point de vue technique à l'installation existante est sans intérêt; la seule condition est celle de son aptitude à satisfaire le même besoin, c'est-à-dire celle de l'identité économique des deux installations.

En raison des difficultés de déterminer de façon exacte la valeur économique de chaque installation, il a été décidé de recourir, pour les besoins de l'étude pilote, à une solution essentiellement pragmatique consistant à définir, pour les installations sujettes à usure, les limites supérieure et inférieure des coûts de capital, qui sont à prendre en compte conjointement dans les calculs :

- la limite supérieure fait intervenir la valeur de remplacement A , diminuée éventuellement de la valeur de récupération R , les coûts de capital comprenant un terme d'amortissement et un terme d'intérêt ;
- la limite inférieure est basée sur la valeur de récupération R , les coûts de capital étant égaux à la seule charge d'intérêt sur cette valeur (Ri).

R est défini comme étant la valeur de récupération nette à la fin de la durée d'utilisation, c'est-à-dire la valeur des matériaux récupérables diminuée des frais de démolition totale de l'installation.

Si, pour une installation déterminée, R peut avoir une valeur négative du fait que les frais de démolition sont supérieurs à la valeur des matériaux récupérés, à l'échelle d'une infrastructure comprenant un ensemble d'installations, par contre, la somme des valeurs R_i relatives aux différentes installations, y compris la charge d'intérêt sur les terrains, ne peut être inférieure à zéro. S'il en était en effet ainsi, les installations ne devraient pas être démolies.

Dans le cas particulier des terrains, le calcul des charges de capital, qui ne comprennent que des charges d'intérêt en raison de la durée de vie infinie de ces biens, est effectué sur la base d'une valeur unique :

- valeur vénale des terrains contigus non bâtis en dehors des agglomérations ;
- valeur moyenne des terrains en zone d'extension (périphérie) des villes à l'intérieur des agglomérations.

Il n'y a pas lieu de déduire de cette valeur les frais nécessaires pour remettre les terrains en leur état d'origine, puisqu'ils sont pris en compte sous la forme de frais de démolition des installations implantées sur les terrains.

L'adoption de cette solution essentiellement pragmatique ne préjuge en rien la possibilité de lever ultérieurement l'indétermination quant à la valeur des différents éléments constitutifs de l'infrastructure. Elle signifie simplement que cette valeur ne peut être inférieure à la valeur de récupération ni supérieure à la valeur de remplacement.

23.10.1 - Détermination de la durée d'utilisation (ou durée de vie économique) des installations

Le calcul des coûts de capital implique la détermination de la durée de vie des installations et autres valeurs immobilisées dans l'infrastructure et sujettes à dépréciation avec le temps. Il s'agit de la durée de vie économique, pour la détermination de laquelle la durée de

vie technique constitue un point de départ. La durée de vie économique est appelée ci-après durée d'utilisation pour mieux la distinguer de la durée de vie technique.

Il est généralement admis que la durée d'utilisation peut être inférieure à cette durée de vie technique par suite notamment de la prise en considération de phénomènes d'obsolescence, d'accroissement excessif des frais d'entretien ou de modifications d'ordre structurel dans l'économie entraînant une nouvelle répartition du trafic.

On a établi, pour chaque type d'installation et en le décomposant de façon aussi fine que possible selon ses éléments constitutifs, des limites inférieures et supérieures de durées d'utilisation et, dans le cas notamment d'installations dont la durée d'utilisation est très longue, des durées moyennes. Les durées d'utilisation à affecter aux éléments constitutifs d'une infrastructure donnée sont déterminées, sauf circonstances exceptionnelles, à l'intérieur de ces fourchettes, en fonction de leurs caractéristiques propres et des conditions réelles de leur utilisation.

23.10.2 - Taux d'intérêt

Le système du coût total implique le calcul de charges d'intérêt sur la valeur du capital immobilisé dans l'infrastructure des trois modes de transport, indépendamment des conditions effectives de financement des investissements.

Comme il s'agit de déterminer les charges d'intérêt pour la collectivité, il convient de se baser sur le taux de rendement moyen des emprunts publics à long terme.

23.10.3 - Choix de la formule d'amortissement

Les biens de production durables représentent un potentiel de production indivisible. De ce fait, le calcul des coûts de capital devrait, sauf cas particulier, être effectué selon une formule qui assure une charge constante par unité de trafic tout au long de la durée d'utilisation de l'installation, indépendamment des variations de l'intensité du trafic auxquelles cette installation peut être exposée.

La formule à appliquer dans cette perspective serait une formule d'annuités variables, dont l'expression mathématique pourrait être la suivante :

$$A - \frac{R}{(1+i)^n} = \frac{a_1}{(1+i)} + \frac{a_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{a_n}{(1+i)^n}$$

où A = valeur de remplacement ;

a_1, a_2, \dots, a_n = annuités variables des périodes de temps 1, 2, n ;

R = valeur de récupération ;

i = taux annuel d'intérêt ;

n = durée d'utilisation.

L'application d'une formule de ce genre implique la connaissance des données relatives au trafic à compter de la date de mise en service de l'infrastructure jusqu'au terme de sa durée d'utilisation, ces données étant actualisées à l'année de mise en service. La charge par unité de trafic peut ainsi être calculée sur la base de la valeur de remplacement actualisée également à la date de mise en service et de la somme des trafics actualisés. Quant à la charge annuelle de capital, elle est le produit de la charge par unité de trafic par le nombre d'unités de trafic réelles de l'année considérée.

Bien que, sur le plan théorique, cette formule fournisse la solution la plus correcte, notamment si l'on considère des infrastructures individuelles exposées à connaître au cours de leur existence des

variations de trafic importantes, son application soulève des difficultés considérables d'ordre pratique. Elles résultent notamment de l'absence, dans un grand nombre de cas, d'une connaissance suffisamment précise du trafic passé d'une infrastructure en service depuis longtemps (cas des écluses). Des difficultés analogues se présentent pour l'évaluation du trafic futur d'installations à durée d'utilisation très longue.

Pour éviter ces difficultés, une solution simplifiée consiste à déterminer les charges de capital sous la forme d'annuités constantes. A cette fin, on applique la formule classique :

$$a = \frac{(A - R)i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} + Ri.$$

Il a été estimé que cette formule, qui aboutit donc à une charge annuelle constante dans le temps, pouvait être appliquée sans inconvénient majeur dans l'étude pilote. Il semble justifié d'admettre qu'après une période de démarrage d'une durée de cinq à six ans, le trafic se stabilise à un palier ou tout au moins ne s'accroît plus qu'à un rythme relativement lent.

L'adoption de cette solution dans l'étude pilote n'affecte pas le principe que, sur un plan général, les coûts de capital devraient être déterminés au moyen d'une formule d'annuités variables dans tous les cas où l'application de la formule d'annuités constantes se révélerait inopportune en raison de la forme de la courbe d'évolution du trafic.

23.10.4 - Séparation des charges d'amortissement et d'intérêt

En ce qui concerne la nature des deux composantes des charges de capital, deux points de vue peuvent être avancés : selon le premier, ces charges sont de même nature et doivent donc être considérées en bloc ; d'après le second, au contraire, leur nature est différente et il est nécessaire de les distinguer.

Si l'on veut effectuer cette distinction, les difficultés liées à la connaissance de l'âge exact des différents éléments constitutifs d'une infrastructure interdisent pratiquement la détermination exacte des parts respectives d'amortissement et d'intérêt pour une année donnée, ces parts variant, en sens inverse, au cours de la durée d'utilisation.

Pour conserver les avantages de simplicité qui s'attachent à la formule d'annuités constantes, la séparation des charges d'amortissement et des charges d'intérêt peut, le cas échéant, être opérée au moyen de la détermination de parts moyennes d'amortissement et d'intérêt correspondant pour l'amortissement à $\frac{A - R}{n}$, et pour l'intérêt à $a - \frac{A - R}{n}$.

23.10.5 - Méthodes d'inventaire des infrastructures

La détermination des coûts de capital nécessite l'établissement d'un relevé détaillé de la consistance physique des infrastructures de transport.

Dans le souci d'assurer la présentation uniforme des données chiffrées relatives aux réseaux des différents modes de transport, des listes-types des éléments constitutifs des infrastructures ont été établies et le contenu des différents postes de ces listes défini dans des lexiques de terminologie technique.

Pour permettre le calcul des coûts de capital, il est nécessaire de différencier, à l'intérieur de chaque poste des inventaires dressés en conformité des schémas figurant en annexe 1 de la décision n° 65/270/CEE du Conseil du 13 mai 1965, les installations ou parties d'installations selon leur valeur unitaire et leur durée d'utilisation.

Cette façon de procéder s'est révélée applicable, d'une façon générale, dans l'étude pilote, compte tenu de certaines adaptations rendues nécessaires par les caractéristiques particulières des voies

étudiées et les possibilités pratiques de relevé. En particulier, il s'est avéré opportun d'agréger des catégories différentes d'éléments d'infrastructure mais ayant une même durée d'utilisation. Ainsi, pour la route, on s'est borné à relever la superficie de terrain occupée par la chaussée et les accotements, en négligeant de relever le détail des installations et en particulier la signalisation. En ce qui concerne les voies navigables, on a effectué un relevé global des parties mécaniques des écluses, de même que des différentes parties de la maçonnerie. Dans le même souci de simplification, on a évité de relever le détail constitutif d'ouvrages tels que les épis, les enrochements et les travaux de défense des rives, et on s'est limité à prendre en considération les cubages pour les deux premiers et les surfaces pour les derniers, en y appliquant des coûts moyens par mètre cube et par mètre carré.

23.11 - Coûts d'entretien

Le problème principal qui se pose pour la détermination des charges d'entretien est celui de distinguer entre ces charges d'entretien et les charges de renouvellement, ces dernières étant en effet déjà prises en compte au titre des coûts de capital. Il est toutefois apparu qu'aucune solution simple ne pouvait être appliquée sur un plan général, compte tenu du fait que les critères actuellement appliqués par les administrations chargées de la gestion des infrastructures et qui ont trait essentiellement à la nature des dépenses, leur volume, leur périodicité ou à l'importance des travaux, sont très divergents. Ce problème n'a pas reçu de solution uniforme dans l'enquête sur les dépenses de 1966, où la possibilité a été laissée aux Etats membres d'appliquer les règles comptables en vigueur en la matière sur leurs réseaux respectifs. Une formule analogue est adoptée dans l'étude pilote; à défaut d'un critère théorique de distinction d'application générale, la délimitation entre charges d'entretien et charges de renouvellement s'effectue suivant les errements suivis par les administrations françaises compétentes.

Un autre problème qui peut se poser est celui de fluctuations des dépenses d'entretien d'une année à l'autre. Ces fluctuations peuvent résulter soit de raisons d'ordre budgétaire, soit du vieillissement de l'infrastructure ou de la variation du trafic. Si elles sont sensibles, il peut être indiqué de baser les coûts d'entretien sur la moyenne des dépenses réelles d'entretien courant et de grosses réparations constatées au cours d'une période suffisamment longue, en tenant compte de l'évolution du trafic au cours de cette période.

23.12 - Coûts de fonctionnement et frais généraux d'administration

Cette rubrique comprend d'une part les coûts relatifs au fonctionnement des infrastructures (éclairage, police des routes et de la navigation, desserte des installations de sécurité, fonctionnement des écluses, etc.) et, d'autre part, les coûts d'administration, de contrôle et d'inspection concernant la mise à disposition et la gestion des infrastructures ainsi que tous les coûts qui n'auraient pu être pris en compte directement dans des postes spécifiques.

En ce qui concerne les frais généraux d'administration, il convient de se conformer, dans toute la mesure du possible, aux dispositions prévues dans l'annexe 1 de la décision n° 65/270/CEE du Conseil quant aux subdivisions à observer ainsi qu'à la possibilité de comprendre les dépenses correspondant aux charges de retraite et autres charges patronales, parmi les dépenses relatives aux autres postes de coûts.

23.13 - Dispositions particulières relatives aux agglomérations

En raison de la nature particulière des problèmes que pose la détermination du coût total des infrastructures routières à l'intérieur des agglomérations, des méthodes de calcul spécifiques ont été mises au point dans l'étude pilote. Elles sont différentes selon la taille des agglomérations :

- pour les agglomérations de moins de 20.000 habitants, recensement exhaustif des voies qui assurent la continuité d'un itinéraire, et détermination des coûts selon les méthodes appliquées aux sections de route de rase campagne ;
- pour les agglomérations de plus de 20.000 habitants, évaluation forfaitaire, sur la base de coûts standards, des données relatives aux voies artérielles, c'est-à-dire aux voies qui supportent un trafic qui n'a pas un caractère strictement local.

23.2 - Détermination de la part du coût total imputable à la fonction de transport et à chacun des modes de transport intéressés

23.20 - Fonctions des infrastructures étrangères au transport

L'infrastructure peut être définie comme constituant l'ensemble des installations fixes servant au déroulement et à la sécurité de la circulation des véhicules affectés au transport par chemin de fer, par route et par voie navigable.

Certaines installations couvertes par cette définition remplissent, en même temps qu'elles servent aux transports, d'autres fonctions.

Certaines de ces fonctions ont, en raison de leur caractère particulier, été exclues a priori de l'examen. Pour le reste, la situation est la suivante pour chacun des modes de transport:

- Chemin de fer

Les coûts qui seraient éventuellement imputables à d'autres fonctions des infrastructures ferroviaires peuvent être considérés comme négligables. Il ne se pose de ce fait aucun problème de répartition entre fonctions différentes.

- Route

Aucun problème ne se pose pour les routes en rase campagne de sorte que la totalité des coûts d'infrastructure correspondants est imputable à la fonction de transport.

En ce qui concerne les agglomérations, il est incontestable que la voirie urbaine remplit des fonctions multiples étrangères au transport et qui, d'une façon très générale, sont en rapport avec l'urbanisme. En effet, même en l'absence de toute circulation de véhicules, des espaces libres devraient exister pour rendre possible la vie en commun.

- Voie navigable

On retient comme fonctions étrangères au transport, les fonctions suivantes :

- fonction d'économie hydraulique (approvisionnement en eau potable, alimentation en eau de l'industrie, drainage, irrigation à des fins agricoles, etc.) ;
- production d'énergie électrique ;
- autres fonctions (sports nautiques, etc.).

23.21 - Répartition des coûts entre différentes fonctions de l'infrastructure

Lorsque l'infrastructure remplit des fonctions multiples, on se trouve en présence d'un cas de production liée. Les coûts correspondants doivent être répartis entre les services produits. Deux catégories de coûts sont à distinguer à cet égard : les coûts spécifiques et les coûts communs.

Les coûts spécifiques d'une fonction sont les coûts dont on aurait pu faire l'économie si cette fonction n'avait pas dû être remplie, toutes les autres fonctions étant maintenues. Ils peuvent être imputés de façon univoque à cette fonction.

Les coûts communs ne sont pas liés à une fonction déterminée. Ils représentent la différence entre le total des coûts de l'installation considérée et les coûts spécifiques.

La théorie économique ne fournit aucune règle pour la répartition des coûts communs entre des fonctions remplies simultanément; il n'existe pas non plus de solution objective fondée sur le principe de causalité. Il est donc nécessaire de choisir une solution visant à réaliser une répartition équitable des coûts entre les diverses fonctions des infrastructures. Deux méthodes de répartition différentes quant à leurs principes ont été envisagées.

La première consiste à répartir les coûts communs au prorata des coûts correspondant à la mise à la disposition distincte de chacune des fonctions des installations qui leur sont nécessaires. Le principe de cette méthode est le suivant. La mise à disposition d'installations^S distinctes pour chacune des fonctions coûterait plus cher que la mise à disposition d'installations servant conjointement à ces fonctions. L'économie ainsi réalisée doit profiter à toutes les fonctions dans le rapport des coûts qui seraient exigés par des installations distinctes. Pour cela, on impute les coûts communs aux différentes fonctions dans le rapport des coûts relatifs à des installations distinctes diminués de leurs coûts spécifiques. L'application générale de cette méthode implique un travail extrêmement important.

La seconde méthode repose sur une répartition des coûts communs en fonction de l'utilité que l'infrastructure présente pour les différentes fonctions. L'utilité est égale à la somme que l'ensemble des usagers seraient disposés à payer pour pouvoir utiliser l'infrastructure. Si cette notion est parfaitement claire en théorie, le calcul pratique se heurte actuellement à des difficultés insurmontables.

Ces deux méthodes soulèvent ainsi chacune de nombreux et difficiles problèmes d'application pour lesquels il n'a pas été possible de dégager des solutions satisfaisantes. Si la méthode fondée sur l'utilité

présente un intérêt certain dans la perspective de la formation des prix, celle basée sur la mise à disposition d'installations distinctes semble plus conforme à l'esprit général du système du coût total. Aucun choix n'a cependant été effectué entre elles.

Dans ces conditions, et compte tenu du fait que dans l'étude pilote un problème de répartition de coûts communs entre plusieurs fonctions ne se pose que dans le cas des agglomérations ainsi que pour la Seine, on est convenu d'appliquer, parmi les solutions pragmatiques possibles, celles susceptibles d'être d'une application simple tout en conduisant à des résultats satisfaisants.

En ce qui concerne la voirie à l'intérieur des agglomérations, sont pris en compte comme coûts des terrains de la voirie urbaine, les coûts relatifs aux superficies au-delà d'une largeur de 6 mètres. Il est entendu que les coûts de construction et d'entretien des chaussées sont à imputer en totalité à la circulation des véhicules.

Quant à la voie navigable, le seul problème qui se présente est celui de la protection contre les crues, laquelle est assurée par des ouvrages répondant conjointement - et d'ailleurs principalement - aux besoins de la navigation. (Sur le parcours étudié, l'eau de la Seine n'est pas utilisée pour la production d'électricité ni pour l'irrigation). Dans l'étude pilote on a retenu, comme part de la navigation intérieure dans les coûts de ces ouvrages, le montant qui figure effectivement dans le budget des services des voies navigables.

23.22 - Répartition des coûts des ouvrages de croisement

Par ouvrages de croisement, on entend tous les ouvrages destinés à permettre le franchissement, par un mode de transport, des installations d'un autre mode de transport. Les coûts de ces ouvrages sont relevés dans l'inventaire du mode de transport qui emprunte le tablier de l'ouvrage.

Les ouvrages d'art destinés à franchir en même temps un obstacle naturel et une voie de communication, ne sont à considérer comme ouvrages de croisement que dans le cas où la présence de cette voie a entraîné une modification des caractéristiques des ouvrages.

Les coûts des installations spécifiques utilisées exclusivement par l'un des deux modes de transport en présence sont à imputer intégralement à ce mode de transport. Seuls posent un problème de répartition les coûts des parties non spécifiques des ouvrages de croisement et ceux des installations spécifiques qui, bien qu'utilisées exclusivement par un mode de transport, sont motivées par la présence des deux modes.

Devant l'impossibilité de procéder à un examen par cas d'espèce, on a adopté pour l'étude pilote, à titre de première approximation, les solutions suivantes pour les différentes catégories d'ouvrages de croisement :

- Ouvrages de croisement route - chemin de fer

Pour ces ouvrages, qui comprennent les passages à niveau, les ponts ferroviaires établis au-dessus de la route et les ponts routiers traversant des voies ferrées, les coûts communs, c'est-à-dire les coûts totaux moins les coûts des installations spécifiques, sont répartis à raison de 50 % sur chacun des deux modes de transport.

- Ouvrages de croisement route/chemin de fer - voie navigable

Cette catégorie comprend les ponts routiers et ferroviaires traversant des voies navigables naturelles ou des canaux.

Dans le cas de ponts sur des voies navigables naturelles, les coûts sont imputés entièrement à la route ou au chemin de fer lorsque la hauteur du pont est normale, c'est-à-dire quand la présence de la navigation n'entraîne pas de modification des caractéristiques des

ouvrages d'art. Si, en revanche, la présence de la navigation oblige à modifier les caractéristiques de construction des ouvrages d'art par rapport à celles qui leur seraient données en l'absence de navigation (surélévation, pont mobile au lieu de pont fixe, etc.), les coûts de cette modification sont imputés par moitié à chacun des modes de transport en présence, qui doivent être considérés comme conjointement responsables de ces coûts. En effet, s'il n'existait pas de route ou de voie ferrée, on n'aurait pas besoin de construire un pont; si, en revanche, il n'existait pas de navigation, on n'aurait pas besoin de le modifier.

Dans le cas de canaux, c'est par contre la totalité des coûts des ouvrages de croisement qui est répartie entre les deux modes de transport dans la proportion de 50 à 50.

23.23 - Répartition des coûts des routes entre le trafic motorisé et le reste du trafic

Pour la répartition des coûts des infrastructures routières, il y a lieu de tenir compte, outre du trafic motorisé, également des autres circulations, sauf bien entendu dans le cas où il existe pour ces dernières des voies distinctes de la chaussée proprement dite.

La circulation des cycles et des cyclomoteurs soulève des problèmes spéciaux de répartition dans la mesure où cette circulation ne dispose pas d'une voie propre, mais utilise la chaussée. Si cette circulation est faible, une imputation des coûts correspondants peut être négligée. Dans le cas contraire, une partie des coûts doit être imputée à cette circulation. Ce faisant, il convient de tenir compte du fait que, d'une part, la partie de la chaussée qui est utilisée par ce trafic l'est également par la circulation motorisée et que, d'autre part, le trafic de bicyclettes n'est guère responsable de l'usure des revêtements. A partir des coûts d'une piste cyclable séparée, on peut établir quel est le montant maximum de coûts qui peut être imputé au trafic de cycles et de cyclomoteurs. Le niveau effectif de la participation de ce trafic aux coûts est déterminé par la mesure dans laquelle il utilise la capacité de la voie.

Les autres circulations non motorisées comprennent également les trams si les rails sont posés dans la chaussée, ainsi que les véhicules à traction animale. Pour la répartition des coûts on peut utiliser les mêmes méthodes que celles applicables à la répartition des coûts entre différentes catégories de véhicules.

En ce qui concerne les installations spécifiques pour piétons (trottoirs, passerelles et passages inférieurs réservés aux piétons), elles sont exclues de l'étude. Quant aux autres installations servant à la fois au trafic motorisé et aux piétons, le problème ne se pose pratiquement que pour les infrastructures urbaines, qui ne sont pas étudiées en détail dans l'étude pilote.

23.3 - Détermination des coûts imputables à chaque catégorie de circulation

23.30 - Distinction entre coûts d'usage et coûts de capacité

Le coût total de l'infrastructure comprend des coûts de capital, des coûts d'entretien, des coûts de fonctionnement et des frais généraux d'administration.

Pour répartir l'ensemble de ces coûts entre les différentes catégories de circulation, il est nécessaire de procéder à une distinction, sur la base du principe de causalité, selon la nature économique de ces coûts. Ceci conduit à distinguer, pour chaque poste, des coûts d'usage et des coûts de capacité.

Les coûts d'usage sont les coûts provoqués par l'utilisation d'une installation dont la capacité est considérée comme donnée.

Sur le plan pratique, il est apparu possible d'assimiler les coûts d'usage aux coûts marginaux d'usage. Ces derniers sont pris en compte en totalité dans l'hypothèse de calcul des coûts de capital sur la base de la valeur de remplacement. Ils sont diminués du coût marginal de renouvellement dans l'hypothèse où les coûts de capital ne comprennent que l'intérêt sur la valeur de récupération. Cette dernière hypothèse implique, en effet, le non-renouvellement des installations en question et il n'est donc pas possible de déterminer un coût marginal au titre de leur renouvellement.

La solution ainsi adoptée rend sans objet le problème de la répartition des coûts d'usage. Pour leur détermination, il est renvoyé au chapitre 20, section 20.1.

Les coûts de capacité sont les coûts provoqués par la mise à disposition et le maintien en état de fonctionnement d'une capacité de production et qui ne varient pas avec l'utilisation de celle-ci.

Ils sont égaux à la différence entre le total des coûts et la somme des coûts d'usage.

23.31 - Répartition des coûts de capacité entre catégories de circulation

23.31.0 - Principes généraux

Les coûts de capacité doivent être répartis entre catégories de circulation, celles-ci étant définies conjointement par des caractéristiques techniques (type de véhicule, vitesse, etc.) et la période pendant laquelle a lieu la circulation. En effet, les infrastructures de transport sont caractérisées à la fois par l'hétérogénéité de la circulation qui les emprunte et les fluctuations de l'intensité de leur utilisation d'une période de temps à l'autre.

Afin de faciliter la répartition des coûts de capacité entre catégories de circulation, une distinction fondée essentiellement sur la possibilité de les affecter directement à une catégorie déterminée doit être opérée. On distingue ainsi :

- a) les coûts spécifiques, qui comprennent les coûts des installations spécifiques utilisées exclusivement par une catégorie de circulation (par exemple quais à voyageurs, triages, aires de stationnement pour voitures de tourisme, etc.). Ils sont, bien entendu, imputés en totalité à la catégorie de circulation en question ;
- b) les coûts supplémentaires correspondant aux coûts des installations ou aménagements qui sont exigés, à capacité donnée, par la présence d'une catégorie de circulation déterminée et dont on aurait pu faire l'économie en l'absence de cette catégorie, mais qui sont utilisés en commun par toutes les catégories de circulation. En d'autres termes, il s'agit des coûts supplémentaires dus à des exigences spéciales quant aux conditions de circulation (vitesse, visibilité, armement, profil en long, etc.). Ces coûts ne doivent cependant être imputés à la catégorie de circulation qui en est la cause dans la mesure où cette catégorie a toujours la possibilité d'utiliser en priorité les installations ou aménagements en question.

Dans la pratique, bien qu'il existe des cas isolés de priorité dans la navigation intérieure pour les caboteurs et les bateaux affectés au transport de passagers, ces cas sont cependant négligeables et on peut considérer que de tels coûts supplémentaires ne sont à déterminer éventuellement que pour le chemin de fer.

Dans l'étude pilote, ces coûts, qui se rapportent par exemple à l'augmentation des dévers dans les courbes et qui seraient à imputer au trafic voyageurs, n'ont toutefois pas pu être chiffrés ;

c) les coûts de capacité autres que les coûts spécifiques et les coûts supplémentaires. Ils doivent être répartis entre catégories de circulation au prorata de l'occupation par chacune d'elles de la capacité.

Les solutions à donner tant au problème posé par l'hétérogénéité des catégories de circulation qu'à celui de la répartition des coûts de capacité entre périodes d'utilisation, doivent tenir compte des particularités des infrastructures des trois modes de transport. Les solutions qui sont apparues comme les plus appropriées dans chaque cas, sont exposées dans les paragraphes ci-après.

23.31.1 - Chemin de fer

La solution adoptée pour la répartition des coûts de capacité des infrastructures ferroviaires fait intervenir l'occupation physique de la capacité. Etant donné les particularités techniques qui déterminent le mode d'exploitation du chemin de fer, la définition de l'occupation physique est basée sur la notion d'usage privatif, que l'exemple suivant permet d'explicitier (voir figure 1) :

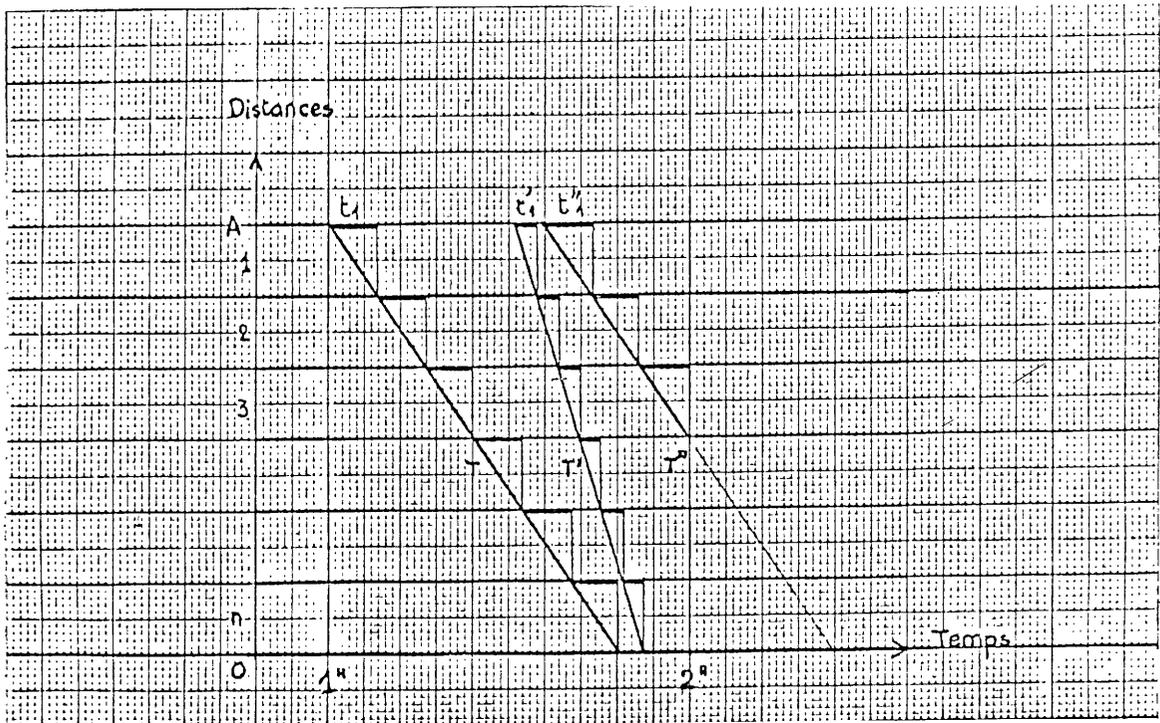


Figure 1

Soient 3 trains circulant sur la section OA dans la période 1^h - 2^h.

La section OA est divisée en sections de bloc désignées 1, 2, 3, ..
..... n.

La technique d'exploitation des chemins de fer est telle qu'il ne peut y avoir qu'un train et un seul dans une section de bloc.

Le train T a occupé de façon privative la section de bloc 1 pendant le temps t_1 , le train T' pendant le temps t'_1 , etc.

Les différentes valeurs de t (par exemple $t_1, t'_1, t''_1, t_2, t'_2, t''_2, \text{etc.}$) sont exprimées en minutes, que l'on baptise conventionnellement "minutes-trains" (mt).

Au total, les différentes sections de bloc ont été occupées :

- par le train T pendant un temps $\sum t$,
- par le train T' pendant un temps $\sum t'$,
- par le train T'' pendant un temps $\sum t''$.

L'occupation (H) de la section OA dans une période donnée est la somme des temps pendant lesquels chacun des trains circulant sur la section a occupé chacun des cantons de bloc constituant cette dernière. Elle se représente ainsi :

$$(H) = \sum t + \sum t' + \sum t''.$$

La part d'occupation incombant à chaque train est ainsi proportionnelle au temps pendant lequel il a occupé l'infrastructure.

On compte dans les mt affectées à un train déterminé le temps passé dans une gare pour le service de ce train pendant lequel il occupe les installations utilisées en commun par l'ensemble du trafic ⁽¹⁾. Par contre, on ne tient pas compte du temps passé dans les garages de circulation, ces garages étant imputables à l'ensemble de la circulation et non à un train ou une catégorie de trains en particulier.

Le fait que la capacité d'une ligne donnée doit être fixée en fonction du trafic correspondant à la période d'intensité maximum conduit à l'existence d'un excédent de capacité aux périodes de trafic plus faible. Pour

(1) N'est pas pris en compte à ce titre le temps passé sur les installations spécifiques utilisées privativement par la catégorie de trains qui a nécessité leur création (par exemple les voies supplémentaires qui permettent aux trains de voyageurs de stationner à quai sans gêner la circulation générale, les faisceaux de relais, etc.).

autant que la capacité effective d'une ligne donnée est supérieure à la capacité d'une infrastructure minimum techniquement réalisable et garantissant un service de qualité équivalente, il faudra tenir compte de cette situation en imputant les coûts de la capacité excédentaire au trafic des périodes de temps qui a rendu nécessaire sa construction.

Cette répartition doit tenir compte du fait que l'exploitation du chemin de fer est planifiée. Dans le cadre de cette planification, il existe un système de priorité complexe entre catégories de trains. La situation est donc foncièrement différente de celle concernant les routes et la plupart des voies navigables qui sont les unes et les autres des infrastructures à accès aléatoire.

Afin de simplifier l'exposé, il est distingué entre deux catégories de trains :

- les trains prioritaires, dits "trains de voyageurs", mais comprenant, outre ces derniers, les trains de messageries privilégiés ;
- les trains non prioritaires, dits "trains de marchandises", comprenant le reste des trains de messageries et les trains de marchandises proprement dits.

On peut alors considérer que les "trains de marchandises" s'accommoderaient, pour ce qui les concerne, d'un débit constant au cours de la journée (donc d'une infrastructure minimale) et que la variation de l'occupation de l'infrastructure au cours des différentes périodes est due uniquement aux trains de voyageurs et à la priorité qui leur est accordée.

Cette hypothèse ne correspond cependant pas tout à fait à la réalité. Même en l'absence de toute circulation voyageurs, le débit des trains de marchandises serait sujet à certaines fluctuations en raison de l'existence de sujétions d'ordre commercial et technique propres à ce service. On peut toutefois penser que ces fluctuations seraient beaucoup moins fortes que celles, d'une part, du trafic voyageurs et, d'autre part, du trafic

marchandises qui ressortent des graphiques de circulation réels et qui sont dues précisément au report de certains trains de marchandises sur des périodes à faible circulation voyageurs. Ces reports sont effectivement motivés par la circulation des trains de voyageurs. Si, du point de vue purement technique, il apparaît dans certains cas possible d'introduire, dans les périodes de pointe voyageurs, des circulations marchandises supplémentaires, du point de vue de la qualité de la circulation par contre cette façon de faire n'est pas souhaitable puisqu'elle accroît très sensiblement le risque d'une détérioration de la qualité du service voyageurs.

Dans ces conditions, on peut admettre que le trafic marchandises calculé à débit constant est supérieur au trafic réel pendant la plus forte pointe voyageurs. La part de coûts imputable à la catégorie des trains de marchandises est donc simplement répartie entre ceux-ci au prorata du nombre de mt correspondant à chacun d'entre eux.

Pour les situations pour lesquelles on constaterait que le trafic marchandises calculé à débit constant est inférieur au trafic marchandises réel pendant la plus forte pointe voyageurs, la répartition des coûts devra être faite sur la base du trafic réel.

Quant à la répartition entre les trains de voyageurs des coûts imputables à cette catégorie, il faut tenir compte de l'inégale utilisation de la capacité par ces trains au cours des différentes périodes, puisque ces inégalités ne résultent pas de l'action d'autres catégories de trains mais de la volonté même du planificateur.

Enfin, l'existence de la priorité des trains de voyageurs entraîne pour ceux-ci l'obligation de supporter seuls le coût des installations spécifiquement construites pour eux mais utilisées également par les autres trains (1). En effet, dans une infrastructure à accès planifié, la priorité

(1) Les coûts correspondant aux installations spécifiques utilisées privativement par la catégorie de trains qui a nécessité leur création (par exemple les quais à voyageurs, les gares de triage, etc.), sont naturellement imputés intégralement à cette catégorie.

accordée aux trains de voyageurs garantit à ceux-ci à tout moment la possibilité d'utiliser leurs installations spécifiques.

Il faut noter que si la solution exposée ci-dessus pour la répartition des coûts de capacité entre trains de voyageurs et trains de marchandises apparaît comme équilibrée et applicable directement dans l'étude pilote, elle pourrait être remplacée dans d'autres études par des solutions plus appropriées aux conditions des cas étudiés si de telles solutions peuvent être mises au point.

L'application pratique de ces principes comporte la démarche de calcul suivante :

a) Choix d'une journée de référence.

Il s'agit de choisir dans l'année la journée de référence pour laquelle on mesure l'occupation de l'infrastructure pour chacune des catégories de trains sur chacune des sections de la ligne étudiée. Ce choix est fait en vertu des considérations suivantes.

Les dimensions de l'infrastructure ferroviaire sont normalement déterminées de façon à lui permettre d'écouler dans de bonnes conditions le trafic d'une journée chargée comportant une proportion "normale" des différentes catégories de trains.

Cela conduit à éliminer les journées marquées par une super-pointe de l'un ou l'autre des trafics ; en effet, le dimensionnement de l'infrastructure n'est pas effectué en fonction des super-pointes.

On retiendra à cet effet la journée la plus chargée de celles pour lesquelles la proportion entre les trafics voyageurs et marchandises est celle qui se rencontre le plus fréquemment dans l'année.

b) Etablissement d'un tableau des minutes-trains par catégories et par périodes.

La durée de ces périodes doit être aussi courte que possible tout en englobant dans sa totalité la partie de la journée où, sur une section de ligne déterminée, se constate le phénomène de la pointe.

On raisonnera sur une journée divisée en 12 périodes de 2 heures. Le tableau de la page suivante indique pour chacune de ces périodes le nombre de mt des trains de voyageurs et des trains de marchandises.

Pour la répartition des coûts entre les périodes, celles-ci sont classées dans l'ordre croissant du nombre de mt de la catégorie "trains de voyageurs". Ce classement, établi à partir du tableau visé ci-dessus, se présente comme suit :

- 1 - 0 à 2 h
- 2 - 2 à 4 h
- 3 - 4 à 6 h
- 4 - 22 à 24 h
- 5 - 12 à 14 h
- 6 - 16 à 18 h
- 7 - 20 à 22 h
- 8 - 10 à 12 h
- 9 - 8 à 10 h
- 10 - 14 à 16 h
- 11 - 6 à 8 h
- 12 - 18 à 20 h.

./.

Tableau des minutes-trains par catégorie et par période
sur une section de ligne

Périodes	Minutes-trains		
	Trains prioritaires	Trains non prioritaires	Total
0 à 2 h	-	213	213
2 à 4 h	-	124	124
4 à 6 h	-	211	211
6 à 8 h	134	65	199
8 à 10 h	97	47	144
10 à 12 h	77	128	205
12 à 14 h	26	156	182
14 à 16 h	116	169	285
16 à 18 h	43	141	184
18 à 20 h	161	38	199
20 à 22 h	68	103	171
22 à 24 h	12	230	242
	734	1.625	2.359

c) Détermination du coût journalier à répartir.

En admettant que le nombre de mt soit dans une certaine mesure proportionnel au nombre des trains, la part c du coût annuel à affecter à la journée de référence s'obtient à l'aide de la formule

$$c = C \frac{t}{T}$$

dans laquelle

t : nombre de trains de la journée de référence
T : nombre de trains de l'année
C : coût total annuel à répartir

(toutes catégories réunies.

On assure ainsi que les taux de la mt calculés pour cette journée appliqués à l'ensemble des mt de l'année aboutissent au coût annuel total.

d) Répartition du coût journalier entre les catégories de trains.

Pour répartir le coût de capacité journalier entre des périodes de débit différent, on admet, faute de données précises sur sa variation, que le coût de capacité d'une infrastructure capable d'écouler un débit de n mt par unité de temps est proportionnel à n.

L'évaluation du coût de capacité à imputer à chaque période peut alors être faite de la façon suivante :

Soit P le nombre de périodes déterminé comme il a été exposé ci-dessus sous b). Ces périodes sont classées dans l'ordre croissant du nombre de mt qu'elles comportent ;
K le coût à répartir ;
k le coût afférent à la période p ;
N le nombre de mt de la période la plus chargée ;
n_p le nombre de mt de la période p ;
q égal à P pour la 1ère période (celle qui comporte le moins de mt), P - 1 pour la 2e, etc., 1 pour la P^{ème} période.

On admet :

$$k_p = k_{p-1} + \left(\frac{1}{q} \times \frac{n_p - n_{p-1}}{N} \times K \right)$$

Cette formule est établie à partir du raisonnement suivant :

- le coût journalier de capacité d'une infrastructure capable d'acheminer n_1 mt par période est $\frac{K}{N} \cdot n_1$.

Ce coût est également réparti entre toutes les périodes dont le débit est égal ou supérieur à n_1 . La période 1 dont le débit est égal à n_1 aura à supporter ce seul coût, soit :

$$k_1 = \frac{1}{P} \cdot \frac{K}{N} \cdot n_1$$

- le coût supplémentaire journalier qu'il faut consentir pour acheminer un débit n_2 mt par période est $\frac{K}{N} (n_2 - n_1)$.

Ce coût supplémentaire est également réparti entre les $q = (P - 1)$ périodes dont le débit est égal ou supérieur à n_2 . La période 2 dont le débit est égal à n_2 devra supporter un coût :

$$k_2 = k_1 + \frac{1}{q} (n_2 - n_1) \cdot \frac{K}{N}$$

etc.

Pour une composition hétérogène du trafic, l'inégale répartition des mt au cours de la journée peut être considérée comme entièrement imputable au trafic des trains de voyageurs. Les trains de marchandises, s'ils étaient seuls, pourraient être acheminés sur une infrastructure minimale où la totalité des mt marchandises serait également répartie tout au long de la journée.

Supposons, par exemple, que le coût de capacité afférent à la journée de référence et à répartir entre les deux catégories de trains s'élève

à 1.000 F. Sur la base du tableau donnant le trafic par périodes, on obtient :

- pour le trafic voyageurs, une part p_v proportionnelle à 161 (débit maximal) ;
- pour le trafic marchandises, une part p_m proportionnelle à $\frac{1625}{12}$, soit à 135 (le trafic marchandises est supposé acheminé à débit constant).

Le montant à imputer au trafic voyageurs devient :

$$1000 \times \frac{161}{161 + 135} = 544 \text{ F.}$$

et celui à imputer au trafic marchandises :

$$1000 \times \frac{135}{161 + 135} = 456 \text{ F.}$$

La répartition à l'intérieur de chaque période se fait alors suivant les formules indiquées plus haut ; elle conduit aux résultats ci-après :

Trafic voyageurs :

Périodes	Coût par période	Nombre de mt par période	Coût par mt
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	4,5	12	0,38
5	10,4	26	0,40
6	18,6	3	0,43
7	32,7	68	0,48
8	38,8	77	0,50
9	55,7	97	0,57
10	77,1	116	0,66
11	107,5	137	0,80
12	198,7	161	1,23

Trafic marchandises :

$$456 : 1625 = 0,28 \text{ F par mt.}$$

23.31.2 - Route

23.31.20 - Principes généraux

La répartition des coûts de capacité entre les différents utilisateurs s'effectue, en principe, en fonction de la mesure dans laquelle ces derniers utilisent la capacité disponible.

Une complication découle du fait que l'utilisation de la capacité des routes présente des fluctuations dans le temps. Il faut en effet dimensionner l'infrastructure routière de façon qu'elle soit en mesure d'absorber le trafic correspondant à la période d'intensité maximum. Il en résulte qu'en dehors de cette période, la capacité excède les besoins de la circulation.

Le problème à résoudre est donc celui de répartir les coûts de capacité entre catégories d'utilisateurs, compte tenu de l'occupation inégale de la capacité au cours de l'année et du fait que les rapports entre catégories de véhicules quant à l'occupation de la capacité ne sont pas constants d'une période à l'autre.

23.31.21 - Calcul des coefficients d'équivalence

Les coefficients d'équivalence sont calculés au moyen d'un critère physique d'occupation de la capacité : le temps total mis par tous les véhicules pour parcourir la section étudiée.

Une variation du volume d'une catégorie de trafic provoque une variation du temps de parcours de l'ensemble des usagers.

Le coefficient d'équivalence entre deux catégories de véhicules est égal au rapport des augmentations de temps de parcours que provoquerait l'introduction d'un véhicule de la catégorie correspondante.

Ce coefficient s'exprime également par des fonctions dérivées des vitesses moyennes par catégorie.

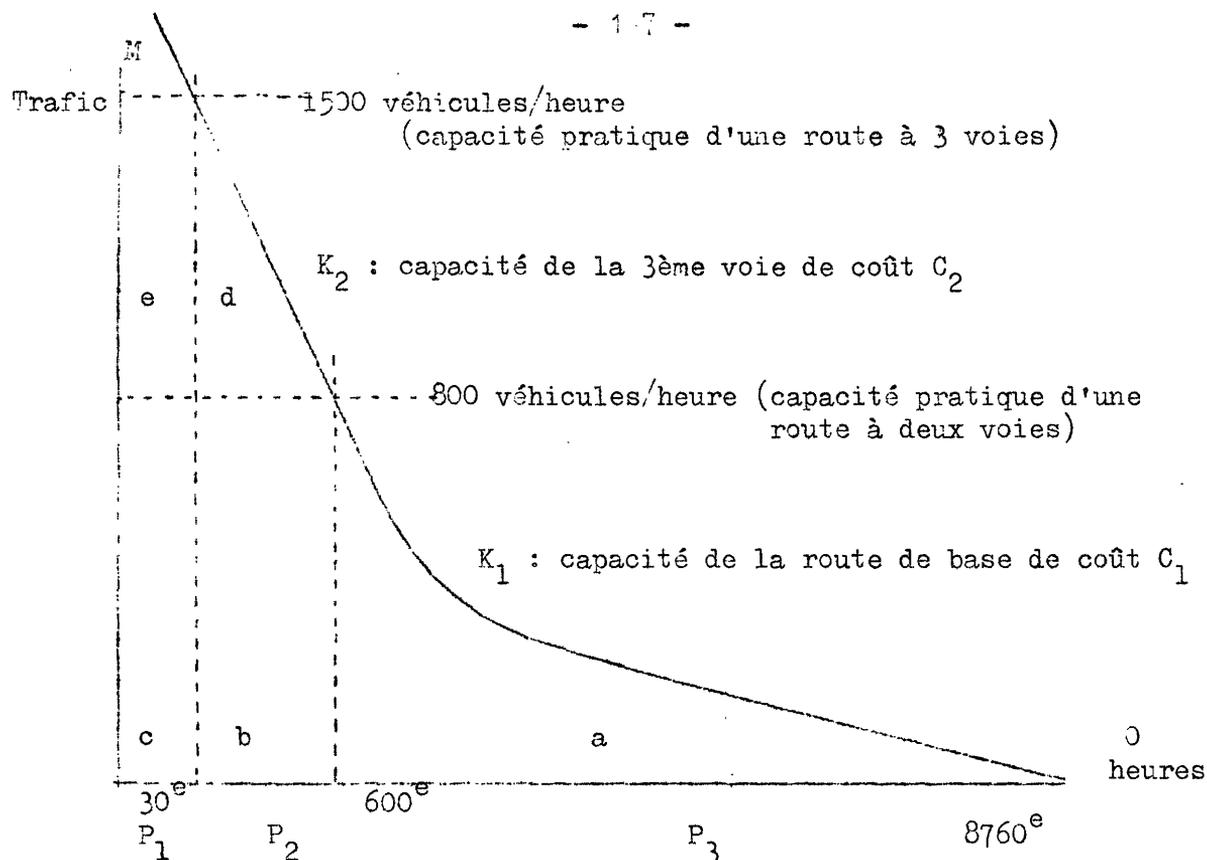
Il y a lieu de remarquer que le critère "temps total de parcours" intervient de la même façon pour chaque véhicule, indépendamment de la catégorie ainsi que du nombre de personnes ou de la quantité de marchandises transportées.

La méthode de calcul appliquée est exposée en détail dans l'annexe **II.4.**

23.31.22 - Répartition des coûts entre périodes de temps

Les principes de la démarche à adopter sont les suivants. Soient deux périodes de temps notées 1 et 2. Supposons que la demande de services soit faible au cours de la période 1 et forte au cours de la période 2. Si la capacité de l'infrastructure est adaptée à la demande de la période 1, elle sera toujours intégralement utilisée, mais la demande plus forte de la période 2 ne pourra pas être satisfaite. Dans ce cas, les coûts de capacité peuvent être répartis également sur tous les services. Si, au contraire, la capacité de production est adaptée à la demande pendant la période 2, il sera toujours possible de satisfaire la totalité de la demande, mais une partie de la capacité sera inutilisée pendant la période 1. Cette situation étant causée par la demande de la période 2, les coûts de la surcapacité pendant la période 1 doivent être entièrement imputés aux services produits pendant la période 2. Il en résulte que les coûts de capacité par unité de circulation sont généralement plus élevés pendant la période 2 que pendant la période 1.

La méthode de calcul pratique peut être illustrée à l'aide de l'exemple ci-après :



Soit une route à trois voies de circulation. Cette route peut être décomposée en deux tranches dont la première correspond à l'infrastructure minimum techniquement réalisable et offrant une qualité de service sensiblement égale à celle de la route réelle, soit une route à deux voies de capacité K_1 , tandis que la seconde correspond à la troisième voie de capacité K_2 . Les coûts de capacité de ces deux tranches sont pris égaux aux coûts d'une route à deux voies pour la première tranche et à la différence entre le coût réel de la route à trois voies et ce coût pour la deuxième tranche. Ils sont notés respectivement C_1 et C_2 .

La courbe OM du graphique représente l'intensité du trafic empruntant la route quand toutes les heures de l'année ont été classées par ordre d'intensité croissante du trafic (courbe des débits classés). Il est entendu que, comme il a été exposé au § 23.31.21, le trafic a été au préalable converti en unités standards au moyen de coefficients d'équivalence permettant de déterminer le nombre de véhicules d'un type donné qu'il faut substituer à un véhicule d'un autre type pour que l'occupation de la capacité, mesurée d'une façon déterminée, reste constante.

Dans la pratique, la conversion d'un trafic mixte en trafic homogène s'obtient en additionnant au trafic réel de voitures particulières un trafic équivalent représentant les véhicules lourds dont le nombre absolu est multiplié par le coefficient d'équivalence égal au rapport entre la capacité occupée par un véhicule lourd et celle occupée par une voiture particulière. Ces coefficients peuvent varier selon les caractéristiques géométriques de l'infrastructure (largeur, profil en long, visibilité, pentes, etc.) et selon le volume et la composition du trafic, donc aussi selon la période d'utilisation.

L'exemple a été basé sur les données chiffrées suivantes :

Données de base concernant le trafic réel :

trafic des 30 premières heures (30 heures les plus chargées) :	73.200 période P ₁
trafic de la 30ème à la 600ème heure :	555.500 période P ₂
trafic résiduel :	1.711.800 période P ₃
trafic total (en chiffres arrondis) :	2.440.000 véhicules/an.

Trafic poids lourds :

période P ₁	732	(1%)
période P ₂	65.550	(10%)
période P ₃	308.12	(18%)

Coefficients d'équivalence (fictifs) retenus pour les différentes périodes :

période P ₁	véhicules légers 1
	véhicules lourds 2
période P ₂	véhicules légers 1
	véhicules lourds 2
période P ₃	véhicules légers 1
	véhicules lourds 3

Détermination du trafic équivalent :

T_1 (30 premières heures)	72.468 (surface c + e) 1.464
T_2 (de la 30ème à la 600ème heure)	589.950 (surface b + d) 131.100
T_3 (au-delà de la 600ème heure)	1.403.676 (surface a) 924.372
	3.123.030

soit trafic équivalent a	2.328.048
b (570x880)	501.600
c (30x808)	24.240
d	219.450
e	49.692
	3.123.030

Coûts de capacité à répartir	1.400.000
dont C_1 (coût de capacité de la route à deux voies)	1.000.000
C_2 (coût de capacité de la 3ème voie)	400.000

Au cours de la période 3, la capacité K_1 serait suffisante pour assurer l'écoulement du trafic ; au cours des périodes 1 et 2, la capacité totale $K_1 + K_2$ est nécessaire. La méthode de calcul consiste à imputer le coût C_1 de la capacité K_1 (route à deux voies) au trafic de base représenté par les surfaces a, b et c, et le coût C_2 de la capacité K_2 au trafic de pointe représenté par les surfaces d et e. Cependant, comme le trafic de base qui se déroule aux heures de pointe ne peut pas être distingué du trafic excédant la capacité de la route de base, le coût de la troisième voie est imputé au trafic total effectué aux périodes de pointe.

A partir des principes exposés ci-dessus, les coûts par véhicule équivalent pour la route considérée s'obtiennent à l'aide des formules suivantes :

$$\text{Coût par véhicule équivalent de la zone a} = \frac{C_1}{a + b + c}$$

ce qui donne avec les chiffres admis :

$$\frac{1.000.000}{2.853.888} = 0,35$$

Coût par véhicule équivalent des zones b, c, d, e =

$$\frac{\left[\frac{C_1}{a + b + c} \times (b + c) \right] + C_2}{b + c + d + e}$$

ce qui donne :

$$\frac{(0,35 \times 525.840) + 400.000}{797.982} = 0,73$$

Après transformation de ces coûts en coûts par km de véhicule équivalent, il faut, pour déterminer le coût kilométrique réel relatif à chaque véhicule ressortissant aux différentes catégories et selon qu'il utilise l'infrastructure pendant ou en dehors des pointes de trafic, appliquer aux coûts par km de véhicule équivalent, les coefficients d'équivalence retenus pour chaque période d'utilisation.

Si l'on admet que la longueur de la section de route considérée est de 20 km, le coût au kilomètre par véhicule sera :

jusqu'à la 30ème heure	
véhicule léger	0,03 65
véhicule lourd	0,07 30
de la 30ème à la 600ème heure	
véhicule léger	0,0365
véhicule lourd	0,07 30
au-delà de la 600ème heure	
véhicule léger	0,0175
véhicule lourd	0,0525

En ce qui concerne les routes dont la capacité correspond à la capacité minimum techniquement réalisable, le problème de la répartition entre périodes de temps ne se pose pas, mais il est nécessaire de tenir compte, pour la détermination du trafic équivalent, de coefficients d'équivalence, qui peuvent être différents selon la période d'utilisation.

23.31.3 - Voie navigable

Le problème de la répartition des coûts de capacité des voies navigables ne peut pas recevoir le même type de solution que le problème correspondant pour la route, étant donné certaines particularités des voies d'eau.

En ce qui concerne tout d'abord le problème de la répartition des coûts de capacité entre périodes de temps caractérisées par une intensité inégale de l'utilisation des infrastructures, la méthode adoptée pour le chemin de fer et la route et basée sur la décomposition en infrastructures élémentaires sous la contrainte de l'équivalence de la qualité du service, ne présente pas le même intérêt dans le cas des voies navigables. En effet, les variations de l'occupation de la capacité selon les périodes de temps sont moins fortes pour ce mode de transport ; de plus, la composition de la circulation est pratiquement la même d'une période à l'autre.

En second lieu, il n'est pas possible d'adopter, pour la répartition entre catégories de bateaux, des coefficients d'équivalence calculés selon les principes retenus dans le cas des routes et qui sont fondés sur la notion de gêne que les véhicules se causent mutuellement. En effet, sur les voies d'eau comportant des écluses, les biefs sont en général relativement courts et la navigation est régulièrement interrompue à chaque écluse. De ce fait, tous les bateaux sont placés pratiquement dans les mêmes conditions et leur circulation s'effectue sans qu'il y ait de gêne mutuelle. Sur les voies navigables où il n'y a pas d'écluses, il est très difficile de mesurer, là où elle existe réellement, l'influence de la composition du trafic sur son déroulement.

Dans ces conditions, il s'impose d'appliquer les règles suivantes pour la répartition des coûts de capacité, une distinction étant faite selon que ces coûts se rapportent aux biefs ou aux écluses :

- Coûts de capacité relatifs aux biefs

Ils sont à répartir, en principe, en fonction de la surface dynamique des bateaux. À défaut de méthodes permettant de déterminer cette surface, on pourra se baser sur la surface statique.

La surface statique est égale au produit de la longueur du bateau par la largeur, alors que la surface dynamique tient compte en plus d'une marge de sécurité pour le freinage, etc.

- Coûts de capacité relatifs aux écluses

Ils sont à répartir en fonction du temps d'occupation par écluses par les différents bateaux. Ces temps comprennent les temps d'entrée et de sortie, qui peuvent être déterminés directement pour chaque type de bateau, et le temps d'éclusage net (manoeuvre des portes, inversion du sas) qui doit faire l'objet d'une répartition entre les bateaux se trouvant dans l'écluse, sur la base de la surface statique de ces bateaux. Les résultats de l'étude de simulation (voir annexe II.2) permettent de tenir compte des facteurs aléatoires qui déterminent l'occupation effective des sas.

TROISIEME PARTIE

ETUDE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT DE PERSONNES
ET DE MARCHANDISES

La connaissance des lois de la demande de transport présente une importance considérable pour la mise au point d'une tarification de l'usage des infrastructures. Si elle est utile pour l'application de tous les systèmes, elle est à vrai dire indispensable pour celle du système des péages économiques, le péage pur ne pouvant être déterminé à défaut des informations correspondantes.

Or, les informations disponibles à cet égard sont fragmentaires et souvent peu sûres. Un effort considérable a, en conséquence, dû être consenti à l'occasion de l'étude pilote, et le problème de la détermination des élasticités de la demande par rapport aux prix a été abordé selon des approches nouvelles. La présente partie contient une description rapide des études dont ont été chargées les sociétés CREDOC et SETEC et une présentation synthétique de leurs résultats, pour les transports de personnes d'abord, de marchandises ensuite⁽¹⁾.

L'étude a été limitée aux élasticités à court et moyen terme. Ont donc été éliminées les influences que peuvent exercer sur ces élasticités les variations affectant la localisation des ménages ou des entreprises ainsi que celles intervenant dans les structures de consommation ou de production.

(1) Le texte complet des rapports d'étude sera publié ultérieurement par les soins de la Commission.

Il importe cependant de souligner qu'en dépit de l'importance des recherches entreprises, l'étude qui a été effectuée, tout en apportant une contribution précieuse à la connaissance des lois de demande, ne fournit pas tous les éléments nécessaires à la solution des problèmes qui se posent en matière de tarification de l'usage des infrastructures.

Les informations disponibles portent essentiellement sur les problèmes de la fréquence de voyage et des possibilités de substitution entre modes de transport qui se sont trouvés placés au centre de l'étude. Mais elles n'ont pas permis d'étudier de façon précise les lois de distribution de la demande dans le temps, dont la connaissance aurait été essentielle d'un côté pour la détermination complète des péages purs dans le système des péages économiques et, de l'autre côté, pour la prévision des modifications apportées à cette distribution par diverses politiques de tarification de l'usage des infrastructures.

CHAPITRE 30

DEMANDE DE TRANSPORT DE PERSONNES

30.0 - Objet de l'étude et méthode d'approche

L'objectif essentiel de l'étude était de mesurer l'élasticité de la demande de transport par rapport aux tarifs. Par demande de transport, on entend les trafics par mode et par motif entre les diverses zones d'un territoire. Le territoire choisi comme terrain d'étude est la région de l'axe Paris-Rouen-Le Havre.

La difficulté majeure rencontrée a résulté du manque d'informations sur l'évolution dans le temps de la consommation de transport ainsi définie avec les tarifs. De ce fait, aucune approche directe du problème n'était possible. La méthode suivie consiste à interpréter les différences géographiques de la consommation de transport. Une difficulté est créée par le fait que ces différences ne sont pas uniquement attribuables aux différences des conditions de transport, mais aussi à celles de la composition socio-économique des zones et à celles de leur configuration géographique respective.

On avait jusqu'ici séparé dans une certaine mesure ces effets en considérant que la consommation totale de transport par mode et par liaison de zone à zone peut s'expliquer en trois étapes distinctes :

- la génération du trafic, fonction essentiellement des caractéristiques socio-économiques de la zone de départ ;

- la répartition du trafic entre les destinations, fonction des conditions générales de transport entre les diverses zones et des caractéristiques des zones d'arrivée ;
- l'affectation par mode sur chaque liaison, fonction des différences entre les modes .

Cette décomposition fait peu de place au phénomène de captivité de la demande qui paraît essentiel à court ou moyen terme. Elle suppose qu'il existe, au niveau individuel, une demande totale potentielle de voyages et que l'individu fait des arbitrages entre les destinations puis les modes de transport pour satisfaire cette demande. Or, l'intuition suggère et les premiers entretiens libres réalisés aussi bien que l'ensemble de l'étude confirment qu'au niveau individuel, la demande est souvent captive : les destinations aussi bien que le mode de transport s'imposent à l'utilisateur indépendamment de toute considération sur les conditions de transport. Dès lors, la variable par laquelle l'individu adapte sa consommation à l'offre à court terme, est essentiellement la fréquence des voyages.

Pour analyser correctement l'effet des conditions de transport et notamment des prix à partir des différences géographiques de la demande, il était donc nécessaire de construire au préalable un schéma explicatif d'ensemble de la demande de transport. Celui-ci devait essentiellement mettre en évidence la relation qui existe entre les fréquences des divers voyages des individus d'une zone, et les trafics entre cette zone et les autres. Pour établir ce schéma, on s'est appuyé sur la théorie des choix et on a ainsi été conduit à effectuer une analyse très fine et, semble-t-il, très complète des mécanismes par lesquels chaque individu exprime sa demande de transport, puis de ceux qui, par agrégation de ces demandes individuelles, permettent d'arriver à des trafics de zone à zone. Mais, comme il fallait s'y attendre, la nécessité d'aboutir à des conclu-

sions chiffrées et opérationnelles a rendu nécessaires certaines simplifications de cette théorie pour aboutir à un modèle dont on puisse calculer les coefficients avec une précision suffisante sur les données dont on disposait.

Ces données devaient être définies et recueillies. En cela, cette étude se différencie beaucoup de certains travaux antérieurs dans lesquels un modèle a été ajusté sur les informations rassemblées, alors que dans la présente étude la collecte des informations a été effectuée en vue de l'ajustement d'un modèle préalablement établi. Or, la précision d'un ajustement est d'autant meilleure que l'intervalle de variation des observations sur lequel il est effectué est plus large. Cela montre la nécessité de disposer de données sur les habitudes de voyage pour un champ de variation aussi large que possible des conditions de transport, sans qu'il en résulte toutefois des frais d'enquête trop élevés.

Pour concilier ces exigences, deux enquêtes différentes ont été réalisées :

- l'une l'a été auprès d'un échantillon d'environ 2.500 ménages, au domicile de ceux-ci. Ils ont été choisis au hasard dans vingt et un cantons différents de la région Paris-Rouen-Le Havre. Ces cantons eux-mêmes ont été choisis de manière à représenter toutes les configurations possibles de l'offre de transport. L'enquête a consisté à noter l'ensemble des voyages faits par l'individu interrogé à plus de 20 km (plus de 50 km pour Paris) durant l'année qui a précédé l'interview, à préciser les conditions détaillées dans lesquelles s'est fait le dernier voyage de chaque type, enfin à enregistrer les réponses à un certain nombre de questions de motivation. L'ensemble de cette information a permis, comme on va le voir, d'étayer l'analyse théorique de la demande de voyages, de justifier certaines approximations pratiques, d'ajuster les équations du modèle de comportement individuel ;

- la deuxième enquête a été effectuée dans les moyens de transport (au bord de la route et dans les trains). Elle a été conduite de manière à fournir une représentation correcte des trafics totaux par mode et par motif pour chacun des couples origine-destination enquêtés. Cette information a d'abord permis de reconstituer approximativement, à l'aide de données existantes sur les autres couples origine-destination de la région, une matrice de trafics par mode et par motif. Comparant alors cette matrice aux trafics théoriques que l'on constaterait si le modèle de comportement individuel s'appliquait à tous les individus de la zone d'origine, on en a déduit une matrice de coefficients d'attraction de zone à zone.

Dans ce chapitre seront décrits brièvement :

- la schématisation théorique du comportement de voyage sur laquelle l'étude s'est appuyée et la structure du modèle de trafic qui en découle ;
- la spécification du modèle, c'est-à-dire la définition précise des variables qui interviennent dans chaque équation et la forme analytique de celles-ci ;
- les résultats obtenus, notamment en ce qui concerne les trois points essentiels du modèle : les élasticités par rapport aux prix de transport, la valeur du temps, les coefficients d'attraction des zones .

30.1 - Comportement de voyage des individus et forme du modèle de trafic de zone à zone

On dispose, pour essayer de formaliser les décisions de voyage, d'un corps de théorie bien établi : la théorie des choix. Celle-ci a été développée par des économistes, des psychologues, des mathématiciens, mais son domaine se limite aux choix faits par un individu en situation de choisir entre plusieurs options pour résoudre un problème ou satisfaire un besoin, qui lui sont apparues. Cela est évidemment insuffisant pour expliquer complètement les quantités de voyage consommées au cours d'une période. Il faut d'abord se demander quand un individu est en situation de choisir un voyage au cours de la période. En outre, la connaissance du comportement d'un individu n'est pas le but final ; ce qu'il s'agit de déterminer, ce sont les flux globaux de voyages entre les zones du territoire : les trafics. Il faut donc répondre à la question de savoir combien d'individus se trouvent dans une telle situation.

30.10 - La décision instantanée : probabilité de faire un voyage

Il convient de rappeler brièvement la terminologie de la théorie des choix. Une situation de choix est une situation dans laquelle se trouve un individu lorsqu'il doit choisir entre plusieurs options. L'ensemble de ces options constitue son univers de choix. L'individu est doué d'un système de préférences qui lui permet d'attribuer à chaque option une utilité. Pour choisir, il met en oeuvre une règle de choix qui formellement est une fonction de l'utilité des options (par exemple, il choisit l'option d'utilité la plus grande). Suivant la règle de choix adoptée, le choix est déterminé complètement ou seulement en probabilité. Selon la règle de choix et les hypothèses faites sur le système de préférences, l'utilité est ordinale ou cardinale⁽¹⁾.

(1) L'utilité ordinale définit seulement l'ordre dans lequel sont rangées les alternatives; l'utilité cardinale définit en outre le rapport des utilités entre les alternatives.

L'opération essentielle pour appliquer une telle théorie est, on le voit bien, de définir correctement les options. Or, un voyage est un objet défini par de très nombreux aspects : le motif, la durée, la nature des personnes qui le font ensemble, la destination géographique, le mode de transport, pour ne citer que les principaux.

On supposera que le motif, la durée et le nombre de participants définissent un type de voyage : par exemple voyage vers la maison de week-end; voyage pour le motif tourisme, aucune nuit n'étant passée en dehors du domicile; voyage de 1 à 4 jours pour le travail. On ne cherchera pas à expliquer pourquoi un individu fait des voyages de tel type plutôt que de tel autre. Le problème étant d'étudier les modifications apportées aux habitudes de voyage par des modifications des moyens de transport, à court ou moyen terme, ceci peut se faire à l'intérieur de chaque type de voyage, à condition de choisir ces types de telle sorte qu'il existe peu de substitutions possibles d'un type à l'autre.

Les types de voyage suivants ont été retenus :

- voyages pour le travail,
- voyages personnels de plus de quatre jours,
- voyages personnels de moins de quatre jours vers la maison de week-end,
- autres voyages personnels de moins de quatre jours.

Cette classification a essentiellement été dictée par l'information contenue dans le questionnaire ; par rapport à ce dernier, on a seulement regroupé dans la catégorie "autres voyages personnels de moins de quatre jours", les voyages pour visite à parents ou amis, pour affaires personnelles et pour vacances ou tourisme. Ce regroupement a été fait essentiellement pour assurer la signification statistique des résultats.

Une option est donc définie par le type de voyage, la destination, le mode. La situation de choix qu'on désire expliquer est celle d'un individu qui ressent le besoin de faire un voyage d'un type donné, et qui s'interroge sur la manière de satisfaire ce besoin. Pour cela, il a le choix entre différentes destinations et différents modes de transport. Chaque combinaison d'un mode et d'une destination représente une option. Mais l'individu peut toujours aussi, ayant exploré ces options, renoncer à satisfaire le besoin ressenti : à côté donc des options de voyage existe toujours l'option "rester chez soi" ou "rester dans sa ville".

Telle est la schématisation générale que l'on peut faire de la situation de l'individu au moment où il choisit un voyage. Les résultats de l'enquête, notamment ceux de l'analyse des questions de motivation, permettent de la préciser quelque peu, au prix de certaines approximations. La partie essentielle du questionnaire avait pour objet de dresser l'inventaire des voyages effectués pendant l'année qui a précédé l'interview. On a pu faire les constatations suivantes :

- pour les voyages personnels de moins de quatre jours, il est très rare qu'un individu se rende à un endroit avec des modes de transport différents dans l'année. Le nombre total de destinations auxquelles il se rend est d'ailleurs restreint (il varie de zéro à six ou sept, et est de trois en moyenne). Par contre, il se rend à chacune d'elles en général plusieurs fois (huit en moyenne) dans l'année, et toujours avec le même mode. Tout se passe donc comme si l'individu avait préalablement sélectionné certaines destinations et associé à chacune d'elles un mode. A un instant donné, l'univers de choix est représenté par ces options et l'option de ne pas voyager;

- pour les voyages d'affaires, la situation n'est pas aussi claire. En effet, il y a alternance de mode pour aller à une même destination. Mais on a constaté, comme on le verra plus loin, qu'il est plus satisfaisant d'expliquer séparément la fréquence sur chacun des modes que d'expliquer la fréquence totale. Ce fait traduit une certaine résistance à la substituabilité entre les modes, qui s'explique très aisément : la catégorie "voyages d'affaires" étant très hétérogène, il aurait fallu la découper en sous-catégories, ce que la faiblesse de l'information ne permettait pas. A type de voyage homogène, de même que pour les voyages personnels, tout se passe comme si le mode avait été associé au préalable à la destination. Mais pour une destination donnée, le type de voyage d'affaires varie.

Dire que tout se passe comme si l'individu avait associé au préalable un mode à chacune des destinations où il envisage d'aller, puis qu'il prend la décision de choisir l'une de ces combinaisons ou de rester chez lui ne signifie pas que ces combinaisons sont immuables. Elles ne sont d'ailleurs pas les mêmes pour tous les individus à un instant donné : il y a un choix du mode et un choix de la destination. Simplement, ces choix paraissent moins élastiques à court terme que le choix entre ces combinaisons elles-mêmes et le non-voyage.

Puisqu'elles ne sont pas immuables, il faut se demander comment s'expliquent ces combinaisons. En fait, elles résultent elles-mêmes d'un choix de l'individu et ce choix peut correspondre à deux situations différentes : choisir le mode de transport, la destination étant donnée, ou, au contraire, choisir la destination, le mode étant donné. Les réponses aux questions d'opinion posées au sujet du dernier voyage ont montré que cette situation de choix dépend des caractéristiques assez fines du voyage, notamment de son motif précis, et donc qu'en toute rigueur, elle est variable pour un même individu. On a pourtant

fait l'hypothèse simplificatrice qu'à l'intérieur des types de voyage définis plus haut, la situation de choix mode-destination ne dépend que de l'individu. Ceci a permis de tenir compte de la captivité à terme de certains individus par rapport au mode de transport, comme on le verra dans la section suivante consacrée à la spécification du modèle.

Finalement, au terme de cette analyse de la décision instantanée, on peut formaliser les décisions de l'individu de la manière suivante, pour chaque type de voyage.

Soient les notations :

- k un type de voyage
- j une destination
- m un mode
- U la fonction d'utilité définie sur les options de l'univers de choix
- i la zone d'origine
- \mathcal{U} l'ensemble des options constituant l'univers de choix (que l'on peut visualiser par une carte par exemple)
- X un vecteur de caractéristiques individuelles (catégorie socio-professionnelle, attachement à la voiture et au train...)
- a_j caractéristiques de l'attractivité de la zone j pour un individu
- c_{ij}^m une mesure de la désutilité du transport entre i et j par le mode m.

- L'individu choisit des destinations suivant ses caractéristiques personnelles, notamment son degré de captivité par rapport aux modes de transport. Le résultat de ce choix peut se représenter par la

probabilité qu'a, à un instant donné, une destination j d'être dans l'univers de choix \mathcal{U} d'un individu X résidant en i :

$$\sigma_{ij}^k = \sigma_i^k (X, a_j, a_{j'}) .$$

- L'individu associe à chacune de ses destinations un mode de transport. On supposera qu'il le fait pour chacune d'elles indépendamment des autres mais aussi en tenant compte de ses captivités. Cela se traduit aussi par la probabilité qu'a le mode m d'être associé à la destination j dans l'univers de choix \mathcal{U} de l'individu X :

$$\pi_{ij}^{km} = \pi_{ij}^k (c_{ij}^m, c_{ij}^{m'}, X) .$$

- L'individu choisit dans son univers \mathcal{U} augmenté de l'option de non-voyage d'utilité U_0 . Cela se traduit par la probabilité de faire, à un instant donné, le voyage de i en j pour le motif k par le mode m :

$$P_{ij}^{km} = P_{ij}^{km} (U_{ij}^{km}, U_{ij}^{km'}, U_0, X) .$$

On a représenté symboliquement la fonction de choix. Sa forme analytique dépend de la règle de choix retenue. Ce n'est pas le point important ici : les techniques d'ajustement statistique obligent à des simplifications de cette forme qui rendent illusoire la précision a priori du modèle de choix. Ce qui est fondamental, c'est la nature des variables qui entrent dans chaque fonction. Conformément à la théorie classique du consommateur, on voit que

dans chacune entrent :

- l'utilité de la consommation choisie,
- l'utilité des consommations substituables,
- les caractéristiques individuelles.

Cela fait apparaître l'intérêt essentiel de l'approche par le comportement individuel. On a vu qu'un individu a peu de destinations dans son univers de choix. D'un individu à l'autre, de mêmes caractéristiques, celles-ci sont hautement variables, ne serait-ce que parce que les uns ont leur famille tout près et d'autres très loin par exemple. En matière de voyages, les substituts d'une consommation donnée sont spécifiques de chaque consommateur. Cela différencie essentiellement la consommation de voyages de la consommation de produits plus standardisés. L'approche par le comportement individuel permet de prendre en compte ce caractère spécifique.

Il est très difficile techniquement d'introduire dans l'équation P^{km} l'utilité de toutes les combinaisons substituables U_{ij}^{km} , même si celles-ci sont au nombre de trois ou quatre. Le modèle de choix probabiliste établi par le professeur LUCE, psychologue, fournit le fondement d'une simplification. Ce modèle est très simple : il suppose que la probabilité de choix est proportionnelle à l'utilité de l'option. Soit :

$$P_{ij}^{km} = \frac{U_{ij}^{km}}{U_0 + \sum_{j,m} U_{ij}^{km}}$$

Au lieu de trouver dans l'équation l'utilité de chaque bien concurrent, on doit y trouver l'utilité totale des biens concurrents : $\sum_{j,m} U_{ij}^{km}$.

.../...

Finalement, sur le plan de la mesure, trois difficultés se présentent :

- De quelles variables dépend U et quelle forme analytique faut-il lui donner ?
- Comment connaître l'univers de choix et calculer son utilité totale ?
- Comment tenir compte de U_0 ?

Les hypothèses simplificatrices suivantes ont été faites :

- U_0 ne dépend que de la zone de résidence de l'individu.

On a adopté, pour exploiter l'enquête auprès des ménages, le zonage suivant :

- 1 - Paris (Folie-Méricourt - Necker - 17ème arrondissement)
 - 2 - Région parisienne (Fontenay-sous-Bois - Ville-d'Avray - Meudon Bellevue - Saint-Germain-en-Laye)
 - 3 - Rouen (Centre rive gauche et rive droite - Mont-Saint-Aignan - Sotteville)
 - 4 - Le Havre (Centre Sainte-Adresse - Marc-Rouge)
 - 5 - Dieppe, Evreux, Elbeuf-Louviers, Yvetot, Vernon
 - 6 - Le Neubourg, Conches-en-Ouches, Saint-Romain-de-Colbosc, Lillebonne, Les Andelys, Magny-en-Vexin.
- L'univers de choix \mathcal{U} d'un individu est constitué par l'ensemble des destinations auxquelles l'individu s'est rendu durant l'année écoulée. On verra plus loin comment on a tenté de quantifier ce concept.

30.11 - Agrégation des choix élémentaires dans le temps :
fréquence d'un voyage

Tout au long d'une année, l'individu se trouve placé à certains moments dans la situation d'envisager un voyage. Il y répond chaque fois suivant le modèle de choix précédent. Au total, on constate qu'il fait le voyage avec une certaine fréquence annuelle. Comment cette fréquence s'exprime-t-elle en fonction de la probabilité de choix instantanée ?

On supposera que la fréquence annuelle de ce même voyage est proportionnelle à sa probabilité instantanée, le coefficient de proportionnalité, noté φ , ne dépendant que du type de voyage k . Donc en notant j, m , un voyage particulier :

$$(1) f_{ij}^{km} = \varphi_{ik} P_{ij}^{km}$$

Cette formule montre que φ_{ik} a la dimension d'une fréquence. P représentant la probabilité de faire un voyage déterminé j, m , φ_k est la fréquence avec laquelle on envisage de faire des voyages de motif k . C'est une mesure de la demande globale potentielle.

La demande de voyage se trouve décomposée en plusieurs parties. La fréquence envisagée φ peut représenter le nombre de fois où "l'on a l'occasion de sortir", en donnant à cette expression son sens courant. Elle est donc liée aux caractéristiques fondamentales de l'individu.

30.12 - Agrégation spatiale des fréquences de voyage : trafic de zone à zone

Le trafic entre les zones i, j , de la part des résidents de i allant en j s'écrit :

$$(2) \quad T_{ij}^{km} = \sum_{X \in \mathcal{X}} P_i(X) f_{ij}^{km}(X, C_{ij})$$

où $P_i(X)$ désigne le nombre d'individus habitant en i ayant les caractéristiques individuelles X

\mathcal{X} désigne l'ensemble des individus résidant en i et ayant j dans leur univers de choix \mathcal{U} .

En fait, cette formule est peu praticable car le domaine de sommation est difficile à définir. On la transforme de la manière suivante :

On a vu que, à chaque destination, est attaché un mode. On a introduit :

π_{ij}^{km} probabilité d'associer le mode m à la destination j .

σ_{ij}^k probabilité d'avoir la destination j dans son univers de choix \mathcal{U}^k .

D'après ce qui a été dit :

$$\pi_{ij}^{km} = \pi^k(C_{ij}^m, C_{ij}^{m'}, X)$$

$$\sigma_{ij}^k = \sigma_i^k(X, \text{caractéristiques de } j) .$$

.../...

Le modèle devient :

$$(3) T_{ij}^{km} = \sum_{\text{tout } X} P_i(X) \cdot \pi^k(C_{ij}^m, C_{ij}^{m'}; X) f^{km}(X, C_{ij}^m) G_i^k(X, a_j) .$$

Cette formule explicite, comme cela a été recherché, la manière dont le trafic dépend des fréquences de voyages individuelles.

30.13 - Modèle simplifié pour l'étude des élasticités aux conditions de transport

Jusqu'ici, on a raisonné comme si i et j étaient des points de telle sorte que C_{ij}^m et $C_{ij}^{m'}$ soient parfaitement définis. De plus, on a supposé que l'on connaît un indicateur d'attractivité a_j de la destination j .

Dans la pratique, on réalise un zonage tel que les déplacements terminaux à l'intérieur de chaque zone ne soient pas nuls. De plus, la définition de a_j est délicate.

Or, le modèle était destiné à être utilisé pour tester la sensibilité du trafic aux tarifs de transport, toutes choses étant égales par ailleurs.

On supposera alors :

- que les coûts de déplacements terminaux à l'intérieur de chaque zone sont petits par rapport aux coûts de déplacement d'une zone à l'autre ;
- que les attractivités des zones restent constantes, donc qu'il n'est pas nécessaire de les expliciter ;

.../...

- que la probabilité σ_{ij}^k d'avoir la destination j dans son univers de choix est, en première approximation, peu variable avec les caractéristiques socio-économiques des individus.

Le modèle devient :

$$(4) T_{IJ}^{km} = \bar{\alpha}_{IJ}^{km} \sum_{\substack{\text{tout } X \\ i \in I \\ j \in J}} P_i(X) \pi^k (C_{ij}^m, C_{ij}^{m'}, X) f^{km} (X, C_{ij}^m)$$

$\bar{\alpha}_{IJ}^{km}$ s'interprète alors approximativement comme la probabilité moyenne qu'ont les individus de la zone I d'avoir J dans leur univers de choix.

30.2 - Spécification du modèle

L'équation (4) exprime formellement le trafic entre deux zones en fonction des conditions de transport et des caractéristiques des voyageurs. Il faut maintenant spécifier la forme analytique des fonctions π et f , la nature des variables qui y interviennent, et le mode de calcul du terme constant $\bar{\alpha}_{ij}^{km}$.

30.20 - Mode de transport associé à une destination

Pour comprendre les mécanismes qui justifient la relation entre le mode utilisé lors du déplacement, la destination et les caractéristiques individuelles, on a analysé la nature du mode utilisé en fonction de l'attitude d'attachement aux modes de transport.

Il faut indiquer d'abord brièvement comment est constituée cette attitude : au cours de l'enquête, on a présenté au sujet une liste de six avantages que l'on pouvait attribuer au train et une

.../...

liste de neuf avantages que l'on pouvait attribuer à la voiture. Ces listes avaient été construites à partir des avantages qui avaient été spontanément accordés à chaque mode au cours d'entretiens libres effectués dans la première phase de l'étude. Il était demandé à chaque sujet d'indiquer pour chaque avantage si, pour lui-même, il le considérait comme important ou non.

On a ainsi, en combinant le nombre d'avantages attribués à chaque mode, construit un indice à quatre positions :

- 1 - peu favorables au train - peu favorables à la voiture
- 2 - peu favorables au train - favorables à la voiture
- 3 - favorables au train - peu favorables à la voiture
- 4 - favorables au train - favorables à la voiture .

On a recherché la relation de l'attachement à un moyen de transport avec deux événements. Le premier est le fait pour un individu d'avoir utilisé au moins une fois dans l'année un mode de transport déterminé pour ses voyages personnels de moins de quatre jours. Le second est, pour une destination précise, le fait de l'utilisation d'un mode de transport déterminé. Les relations de l'attachement avec ces deux événements sont complètement différentes et justifient leur distinction.

En fait, celle-ci n'est pleinement efficace que pour les possesseurs de voiture, le phénomène d'utilisation de la voiture par les non-possesseurs obéissant à des contraintes sociales importantes, qui masquent complètement l'effet des conditions relatives de transport.

Pour les possesseurs de voiture, la probabilité de choisir le train pour une destination j , $\pi_{ij}^{k, \text{train}}$, devient :

$$\pi_{ij}^{k, \text{train}} = \pi_{ij}^{\text{train}} \times \pi_{ij/\text{train}}^{k, \text{train}}$$

avec :

π_{ij}^{train} = probabilité de prendre le train au moins une fois dans l'année, qui caractérise la captivité de la voiture

$\pi_{ij/\text{train}}^{k, \text{train}}$ = probabilité de prendre le train pour aller en j pour le motif k si on a pris le train au moins une fois dans l'année, qui traduit le comportement de choix du mode.

Après maints tâtonnements, les équations explicatives suivantes ont été retenues pour chacune de ces probabilités :

- Attachement à la voiture

$$(1) \quad Z_1 = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + a_6 X_6 + a_7 X_7 + a_8$$

$$(2) \quad \pi_i^{\text{train}} = \frac{e^{\alpha_1 Z_1 + \beta_1}}{1 + e^{\alpha_1 Z_1 + \beta_1}}$$

avec pour l'ajustement :

$Z_1 = 0$ si l'individu n'a pas pris le train dans l'année

$Z_1 = 1$ si l'individu a pris le train dans l'année

.../...

et :

$X_1 = 1$ (cadres supérieurs et professions libérales) ou 0 (sinon)

$X_2 = 1$ à 4 (attachement)

$X_3 = 1$ (ménage bénéficiant d'une réduction) ou 0 (sinon)

$X_4 = n$ (n personnes dans le ménage)

$X_5 = 1$ (âge de 18 à 24 ans), 2 (25 à 34) ... 6 (65 à 69), 7 (plus de 70 ans)

$X_6 = 0$ (l'enquêté est le chef de ménage ou son épouse) ou 1 (sinon)

$X_7 = 1$ à 7 (puissance fiscale du véhicule x 1/2).

- Choix du mode - associé à une destination pour les non-attachés

$$(3) \quad Z_2 = b_1 Y_1 + b_2 Y_2 + b_3 Y_3 + b_4 Y_4 + b_5 Y_5 + b_6$$

$$(4) \quad \pi_{ij/train}^{k,train} = \frac{e^{\alpha_2 Z_2 + \beta_2}}{1 + e^{\alpha_2 Z_2 + \beta_2}}$$

et :

$Y_1 = \frac{RC}{FC}$ rapport du coût par route au coût par fer

$Y_2 = \frac{RT}{FT}$ rapport du temps par route au temps par fer

$Y_3 = 0$ (il existe une correspondance SNCF sur ij) ou 1 (sinon)

$Y_4 = 4$ (une personne dans le ménage), 3, 2, 1, 0 (5 personnes et plus)

$Y_5 = 1$ (destination Paris) ou 0 (sinon)

.../...

30.21 - Fréquence de voyage

On a vu dans la section précédente que la fréquence de voyage dépend de l'univers de choix \mathcal{U} de l'individu, d'un paramètre de mobilité φ_k et de l'utilité de la zone d'origine U_0 . Avant de spécifier la forme de l'équation de la fréquence, il faut préciser comment il convient de repérer ces variables intermédiaires et de les expliquer en vue de la prévision. Cela sera fait d'abord pour les voyages personnels, ensuite pour les voyages de travail.

- Voyages personnels de moins de quatre jours

30.21.0 - Variables intermédiaires entrant dans l'explication de la fréquence

Ces variables doivent représenter l'univers de choix de l'individu, suivant l'analyse théorique qui a été effectuée au début de cette étude, l'utilité de la zone de résidence et la mobilité de l'individu.

Etant donné que les individus sont classés par zones de résidence et que l'on peut admettre que tous les individus habitant une même zone affectent à leur zone d'origine une même utilité, on peut ne pas tenir compte de cette variable dans l'explication de la fréquence de voyage.

En fonction des croisements dont on disposait entre la fréquence de voyage et les caractéristiques individuelles, l'hypothèse a été établie que pour représenter l'univers de choix et la mobilité, il suffisait de retenir deux variables, à savoir le nombre de destinations pour des voyages personnels de moins de quatre jours et la distance maximum à laquelle sont réalisés les voyages personnels de moins de quatre jours. Pour essayer de justifier cette hypothèse, on a étudié,

.../...

suyvant une démarche parallèle à celle adoptée pour l'explication du choix du mode de transport, la relation entre ces deux variables et les attitudes de mobilité et de mobilité de destination construites à partir des questions d'opinion.

Il convient de rappeler brièvement comment sont constituées ces deux attitudes et leur signification. La mobilité ou goût de voyager a été constituée à partir des questions d'opinion à propos desquelles il était demandé aux sujets d'exprimer leur accord ou leur désaccord. Ces questions étaient formulées comme suit :

- Pour se détendre, le mieux est de sortir de chez soi.
- Chaque fois que je peux, je quitte la ville.
- Voyager est toujours un plaisir.
- Il est agréable de changer de cadre.
- On trouve suffisamment de distractions sur place, il est inutile de voyager pour se distraire.

La seconde attitude était la mobilité de destination. Par là, on voulait saisir le fait que certaines personnes aiment revenir au même endroit, adoptent rapidement des habitudes stables, alors que d'autres recherchent des situations nouvelles, aiment explorer et découvrir.

Pour les voyages personnels de moins de quatre jours, qui seuls sont en nombre suffisant pour que les relations obtenues soient significatives, les relations suivantes de ces attitudes avec les variables intermédiaires ont été retenues :

- le goût du voyage est corrélé positivement et très régulièrement avec le nombre de destinations; en revanche, il est moins lié à la distance maximum ;

- au contraire, la mobilité de destination n'est pas très nettement corrélée avec le nombre de destinations. Elle est plus liée à la distance maximum.

On peut conclure de cela que le goût du voyage peut être compatible avec des déplacements fréquents à l'intérieur d'un périmètre relativement restreint. Au contraire, la mobilité de destination amène à envisager un champ géographiquement plus vaste mais pas forcément un nombre de voyages plus important.

Ces conclusions situent à la fois l'intérêt et la portée des deux variables intermédiaires qui ont été retenues. Elles représentent la mobilité de l'individu et une mesure de son univers de choix, mais il ne semble pas que l'ensemble des destinations comprises entre la distance zéro et la distance maximum se trouvent effectivement dans l'univers de choix des individus. Il s'agirait plutôt d'une couronne comprise entre une distance minimum et une distance maximum. Ce fait sera relativement gênant lors du calcul des coefficients d'agrégation.

Ces variables étant ainsi définies et leur choix confirmé dans une certaine mesure par l'analyse qui a été faite en fonction des attitudes, il reste à les expliquer. Pour cela, on a utilisé un modèle de régression multiple et les variables introduites dans ce modèle ont été choisies à la suite des analyses sur tableaux croisés qui ne seront pas repris ici.

Il faut toutefois remarquer que certaines de ces variables, qui sont pourtant des variables quantitatives, ont été dichotomisées afin de tenir compte le mieux possible de la non-linéarité de certaines relations.

Les meilleurs résultats ont été obtenus pour des équations de la forme :

$$(5) \quad N_3 = \sum_8^{16} C_i X_i$$

où :

X_8 = 1 (études supérieures ou baccalauréat) ou 0 (sinon)

X_9 = 1 (commerçants ou artisans) ou 0 (sinon)

X_{10} = 1 (cadres supérieurs ou moyens) ou 0 (sinon)

X_{11} = 1 (employés ou ouvriers) ou 0 (sinon)

X_{12} = 1 (agriculteurs) ou 0 (sinon)

X_{13} = 1 (le ménage possède une voiture) ou 0 (sinon)

X_{14} = 1 (âge compris entre 18 et 34 ans) ou 0 (sinon)

X_{15} = 1 (âge supérieur à 35 ans) ou 0 (sinon)

X_{16} = 1 (goût du voyage élevé) ou 0 (sinon)

$$(6) \quad DMAX = \sum_8^{16} C_i X_i$$

30.21.1 - Explication de la fréquence d'un voyage

- Individus n'ayant pas voyagé en un an

On a considéré que le fait pour un individu de n'avoir fait aucun voyage du type k dans l'année est une caractéristique essentiellement individuelle, traduisant le fait que la demande potentielle de voyage est nulle pour cet individu.

L'analyse des résultats de l'enquête montre qu'il est essentiellement expliqué par le niveau de vie.

Il a été admis que la distribution des non-voyageurs par catégories socio-professionnelles resterait inchangée à moyen terme et ne serait pas affectée par les modifications de tarif.

- Individus ayant voyagé au moins une fois en un an

L'intérêt du modèle qui a été retenu est que l'équation de la fréquence par type de voyage représente exactement l'équivalent d'une équation classique de demande reliant la quantité consommée au prix du bien consommé, aux prix des biens concurrents et aux caractéristiques de l'individu.

Les variables intermédiaires - nombre de destinations et distance maximum - sont un indicateur des biens économiques substituables. De manière à opérer sur des voyages homogènes, on a établi l'équation de fréquence successivement pour chaque type de voyage défini par le motif et le mode comme il a été dit plus haut. Enfin, comme cela a été mentionné dans la section 30.1, aucun élément ne permet dans la réalité de faire la distinction entre l'effet du prix du transport et l'effet de la durée sur la fréquence de voyage. En effet, ces deux quantités sont très corrélées entre elles ($R = 0,96$). Leur introduction conjointe donnerait donc une précision tout à fait illusoire puisque l'on sait que, dans des régressions multiples, si deux variables indépendantes sont corrélées, les coefficients de ces deux variables ne sont pas significatifs. Il fallait donc choisir l'une d'entre elles : on a choisi le coût.

Après plusieurs essais, la forme analytique qui s'est révélée la meilleure est :

$$(7) \quad \text{Log } f_{ij}^{\text{km}} = d_{i1}^{\text{km}} \log (\text{coût}_{ij}^{\text{m}}) + d_{i2}^{\text{km}} \log (N_3) + d_{i3}^{\text{km}}$$

la distance maximum n'intervenant pas d'une manière significative après ajustement.

Pour simplifier les calculs lors de l'utilisation du modèle, on n'a pas introduit explicitement d'autres caractéristiques individuelles que celles qui sont traduites à travers N_3 . Leur effet, indifférencié, se retrouve dans la constante d_3 .

- Voyages pour le travail

Comme on l'a vu dans la partie théorique, le modèle applicable à cette catégorie de voyages est légèrement différent de celui applicable à la catégorie précédente, du fait de la plus grande substituableté entre les modes.

Les essais ont montré de plus qu'aucune des variables intermédiaires introduites pour expliquer les fréquences de voyages personnels n'intervient significativement. En fait, l'analyse sur tableaux croisés démontre que, pour améliorer l'explication des voyages d'affaires (fréquence et mode de transport), il faudrait les découper suivant une nomenclature de motifs plus fine, du genre de celle qui avait été introduite dans le questionnaire : par exemple rendez-vous avec client ou fournisseur, activité de l'entreprise, cours ou conférence.

Malheureusement, la faiblesse des effectifs n'a pas permis de réaliser l'analyse économétrique suivant une nomenclature aussi fine. C'est pourquoi on a ajusté seulement le modèle simple suivant :

$$(8) \quad f_{ij}^{\text{travail}} = mC + k$$

où C est le coût (RC ou FC).

30.22 - Calcul des constantes $\bar{\alpha}_{ij}^{\text{km}}$

Les équations (1) à (7) ayant été ajustées sur l'information provenant de l'enquête auprès des ménages, on a utilisé les données des enquêtes origine-destination pour calculer les constantes

$$\bar{\alpha}_{ij}^{\text{km}} .$$

A cette fin, on a :

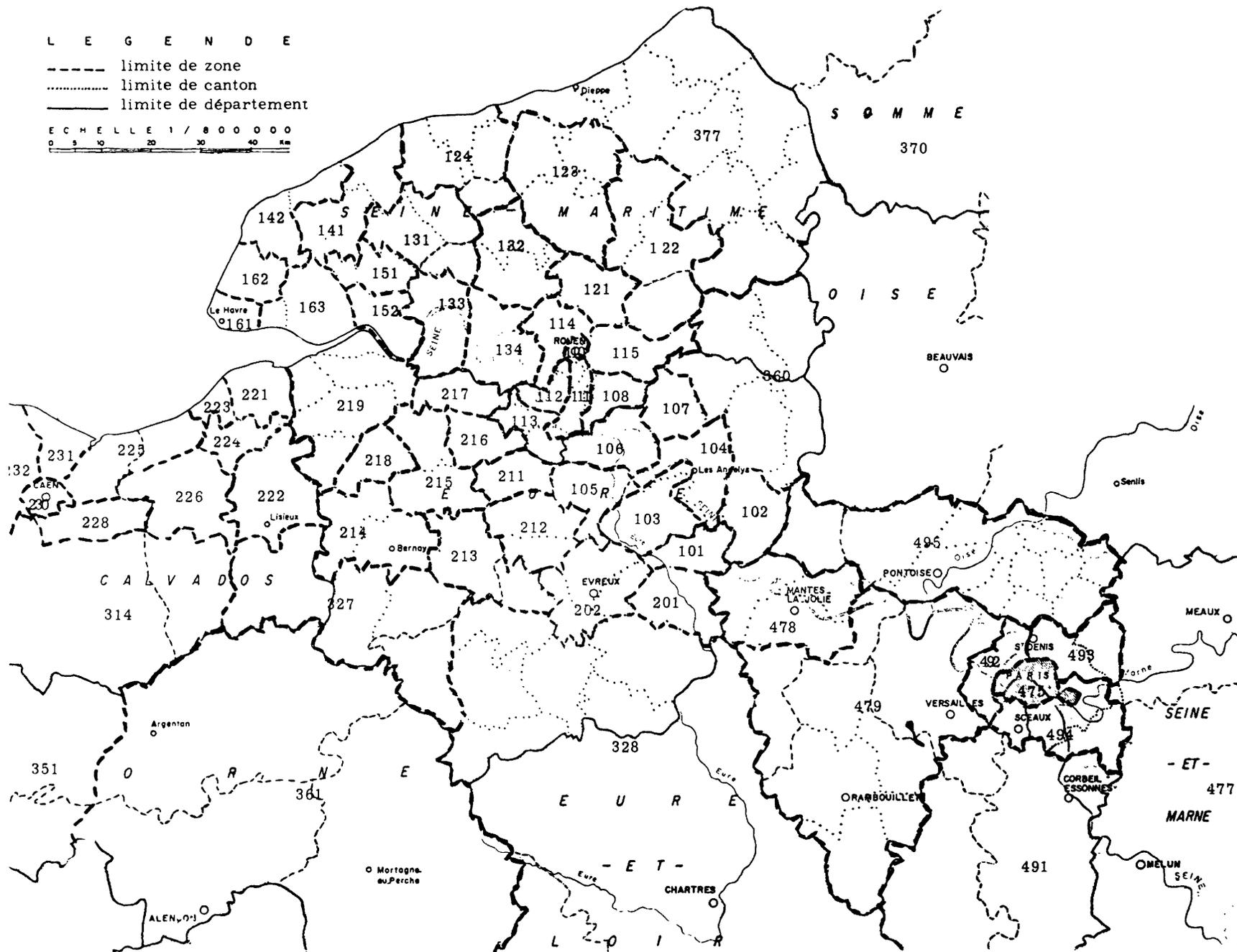
- découpé l'ensemble de la zone Paris-Rouen-Le Havre suivant un zonage suffisamment fin pour que les hypothèses introduites dans la partie précédente aient un sens (voir carte page 181).
- calculé, pour chacune des zones i , à partir des statistiques publiques⁽¹⁾, les quantités $P_i(X)$. Les caractéristiques individuelles sont :
 - la répartition par catégorie socio-professionnelle et le taux de motorisation par catégorie socio-professionnelle (fournis par les statistiques publiques),

(1) C'est-à-dire en fait des statistiques de l'Institut national de la statistique et des études économiques.

L E G E N D E

- - - limite de zone
- limite de canton
- limite de département

ECHELLE 1 / 8 0 0 0 0 0
0 5 10 20 30 40 Km



. l'utilisation du train au cours des douze derniers mois, par type de localisation (fournie par l'enquête auprès des ménages).

Cette façon de procéder n'a été possible qu'en considérant que chacune de ces caractéristiques est distribuée indépendamment des autres dans la population ;

- calculé les termes Θ_{ij} :

$$(9) \quad \Theta_{ij}^{km} = \sum_X P_i(X) \pi_{ij}^{km} r_{ij}^{km}$$

en donnant aux coefficients des équations (1) à (7) les valeurs ajustées sur l'enquête auprès des ménages ;

- reconstitué, à partir de l'ensemble des enquêtes origine-destination faites dans cette zone et de l'enquête réalisée spécialement dans le cadre de l'étude pilote, la matrice des trafics origine-destination par type de voyage et par mode ;

- calculé la matrice des termes $\bar{\alpha}_{ij}^{km}$ par :

$$(10) \quad \bar{\alpha}_{ij}^{km} = \frac{\pi_{ij}^{km}}{\Theta_{ij}^{km}}$$

30.3. - Résultats et commentaires

Les résultats obtenus sont illustrés dans l'annexe III. 1. On se contentera ici de noter les caractères les plus remarquables concernant les élasticités, la valeur du temps et les coefficients d'attraction.

.../...

30.30 - Les élasticités

On peut calculer les élasticités de la fréquence et de la probabilité de choix du mode par rapport aux coûts et temps, et à la distance.

L'élasticité de la fréquence par rapport au coût du transport a les valeurs moyennes suivantes :

- voyages de travail	$e_1 = - 0,2$ (1)
- voyages personnels en voiture	$e_2 = - 0,5$
- voyages personnels en train	$e_3 = - 0,3$.

Coût du voyage et durée étant, sur un mode de transport, extrêmement corrélés ($R = 0,96$), il était techniquement impossible, tout au moins dans les délais disponibles, de séparer l'effet sur la fréquence de la durée d'une part et du coût de l'autre. Les élasticités présentées ici sont calculées en introduisant comme seule variable indépendante dans les régressions, le coût. Les résultats paraissent cohérents : leur ordre de grandeur est bien celui qu'ont en général les élasticités par rapport aux prix dans les études de consommation; les rapports entre les élasticités sont bien ceux auxquels on s'attend a priori.

L'élasticité de la probabilité de choix du train est plus difficile à interpréter : ce n'est pas exactement une élasticité de substitution, puisque les fréquences de voyage en train et en voiture ne sont pas les mêmes. Par rapport au coût en train, les coûts en

(1) Cette valeur signifie que si le coût augmente de 10 %, la fréquence diminue de $10 \times 0,2 = 2$ % .

voiture étant maintenus constants, elle prend les valeurs moyennes suivantes :

- voyages de travail $e_4 = 0$
- voyages personnels $e_5 = - 0,05$.

Par rapport aux variations du temps en train, les élasticités prennent les valeurs moyennes suivantes :

- voyages de travail $e'_4 = - 0,41$
- voyages personnels $e'_5 = - 0,34$.

Les résultats sont assez nets : les individus semblent beaucoup plus sensibles, pour le choix du mode de transport, aux variations de durée du transport qu'aux changements de prix. Cet écart est encore plus important pour les voyages de travail que pour les voyages personnels.

30.31 - Valeur du temps

L'équation de choix du mode donne la valeur du temps pour les personnes que l'on peut considérer comme ayant réellement le choix entre la voiture et le train (possesseurs de voiture qui prennent au moins une fois le train dans l'année pour un voyage personnel de moins de quatre jours).

30.31.0 - Méthode de calcul

Les équations de choix du mode sont de la forme :

$$Z = a (RC - FC) + b (RT - FT) + c .$$

.../...

La probabilité de choix du train est :

$$p = \frac{e^{\alpha Z - \beta}}{1 + e^{\alpha Z - \beta}} .$$

Au point d'indifférence de choix des deux modes :

$$p = \frac{1}{2}$$

d'où :

$$a (RC - FC) + b (RT - FT) = \frac{\beta}{\alpha} - c$$

$$RC + \frac{b}{a} RT = FC + \frac{b}{a} FT + \left(\frac{\beta}{\alpha} - c \right) \frac{1}{a} .$$

Au point d'indifférence, les coûts généralisés sont reliés par l'égalité :

$$C_{\text{voiture}} = C_{\text{train}} + K .$$

Si $C_{\text{voiture}} > C_{\text{train}} + K$, l'individu choisit le train.

Le fait que $K > 0$, traduit l'effet d'attachement à la voiture.

Le taux de substitution temps-argent est le même pour les deux modes et vaut b/a , qui est la valeur du temps de l'individu enquêté.

.../...

30.31.1 - Résultats

- Voyages personnels pour le motif vacances-tourisme

$$Z = 55 \cdot 10^{-4} \Delta C + 0,0208 \Delta T + 0,068$$

$$\frac{\beta}{\alpha} = 0,510$$

$$: V_B \text{ valeur du temps : } 3,79 \text{ FF/heure} :$$

- Voyages personnels pour les motifs visite à parents et amis - affaires personnelles

$$Z = 55 \cdot 10^{-4} \Delta C + 0,0260 \Delta T + 0,165 \quad (R = 0,39)$$

$$\frac{\beta}{\alpha} = 0,866$$

$$: V_A \text{ valeur du temps : } 4,72 \text{ FF/heure} :$$

- Voyages pour le travail

$$Z = 85 \cdot 10^{-4} \Delta C + 0,0777 \Delta T + 0,260$$

$$: V_T \text{ valeur du temps : } 9,15 \text{ FF/heure} :$$

Ces résultats montrent combien il est délicat de parler de valeur du temps sans préciser le motif du voyage. On avait jusqu'ici fait des distinctions suivant le revenu du voyageur. L'effectif de

.../...

l'échantillon étudié n'a pas permis de réaliser une analyse croisée suivant le revenu et le motif.

Il y a lieu de remarquer que, par une méthode directe, on a tenté une mesure de la valeur du temps en voiture, à partir des arbitrages que les individus font entre une autoroute à péage et une route ordinaire. Les valeurs s'échelonnaient entre 4,50 FF et 12 FF par heure. Le motif n'étant pas spécifié dans cette étude, ni le remplissage du véhicule (dont il est très difficile d'apprécier l'effet sur la valeur du temps), il est difficile de comparer ces résultats aux précédents. On peut toutefois affirmer qu'ils sont plus élevés : ceci pourrait être l'effet psychologique propre du péage, qui oblige à payer au comptant le temps économisé.

30.32 - Coefficients d'attraction

Les coefficients d'attraction calculés à partir des données de l'enquête réalisée à hauteur de la ville de Mantes et sur la ligne Paris-Le Havre sont indiqués en annexe III. 2. Il convient de rappeler que, pour des projections à court ou moyen terme, ces coefficients sont considérés comme des constantes. Ils suscitent certaines remarques qui permettent d'apprécier la qualité du modèle.

D'après le raisonnement théorique, $\bar{\alpha}$ s'interprète comme une probabilité moyenne. De fait il est, à certaines erreurs près, inférieur à 1.

En tant que probabilité moyenne que la destination j soit dans l'univers de choix d'un individu résidant en i , il doit essentiellement dépendre de la population de j et de la distance d_{ij} . Sans avoir réalisé une étude systématique de cette dépendance, on peut dire, au vu des graphiques qui ont été réalisés, qu'elle se confirme.

.../...

Les autres éléments qui peuvent être tirés de la considération du tableau de l'annexe III. 2 sont, en revanche, défavorables au modèle :

- les coefficients d'attraction train et voiture devraient être égaux. Ils ne le sont pas, mais les écarts dépassent cependant rarement 50% ;
- les coefficients d'attraction pour le travail sont trop dispersés pour qu'il soit possible d'en avancer une interprétation.

Il semble que les résultats des ajustements et de l'analyse psycho-sociologique se conjuguent pour confirmer la forme générale du modèle adopté. Le haut degré de signification des coefficients d'élasticité par rapport aux variables "coût" et "durée", en ce qui concerne tant la fréquence que le choix du mode, montre que l'information fournie par l'enquête auprès des ménages est valable pour apprécier les tendances.

Par contre, les coefficients de régression ne sont jamais très satisfaisants. Certes, ils valent en moyenne ce que valent ces coefficients dans les autres études de consommation; mais on sait justement qu'il est toujours difficile de faire coïncider les chiffres de consommation fournis par les enquêtes individuelles avec les statistiques de vente. Les données de l'enquête auprès des ménages ne sont donc pas à l'abri d'un biais systématique (surestimation ou sous-estimation) et d'une erreur aléatoire assez forte. Une correction devrait cependant pouvoir être effectuée au moyen des résultats des enquêtes origine-destination.

Or, l'information résultant des enquêtes origine-destination réalisées selon le procédé, classique en transport régional, d'enquêtes au bord de la route paraît également sujette à caution, ainsi

qu'il ressort du tableau ci-après dans lequel sont reproduits les nombres de voyageurs sur les mêmes liaisons fournis par deux enquêtes différentes effectuées à un an d'intervalle.

Nombre de voyageurs par semaine moyenne (non estivale) - motif loisirs

	Enquête I	Enquête II
Rouen - Paris	127	1.465
Paris - Rouen	7.341	4.870
Le Havre - Paris	102	500
Paris - Le Havre	6.439	1.642
Caen - Paris	70	218
Paris - Caen	4.058	1.350

Au demeurant, lorsque l'on prend conscience des divers redressements auxquels conduit la technique d'enquête au bord de la route pour passer à des trafics annuels cette variabilité ne surprend pas.

Les conclusions à tirer de cet état de choses paraissent devoir être les suivantes :

Pour l'utilisation du modèle à court terme, le plus sage est de prendre les coefficients α , c'est-à-dire une base de trafic T_{ij} à l'année 0 et de s'y tenir : on mettra en évidence les variations relatives dues aux modifications des conditions de transport.

Pour l'utilisation du modèle sur une période plus longue, le problème est plus délicat : les coefficients α doivent varier. Avant de les expliquer d'une manière quelconque, il faudrait donc les

.../...

"lisser" de manière que les relations de cohérence que suppose le modèle soient satisfaites.

Afin d'améliorer la connaissance des phénomènes de demande de transport de personnes, il conviendrait :

- 1° de perfectionner la technique des enquêtes origine-destination, dont la valeur des résultats apparaît actuellement comme très inégale en raison du faible nombre de points d'enquête qui peuvent être peu représentatifs du trafic réel. Par contre, il ne serait vraisemblablement pas nécessaire de trop raffiner les questionnaires à remplir lors de ces enquêtes ;
- 2° de développer le rôle attribué aux enquêtes auprès des ménages pour les voyages personnels et des entreprises pour les voyages d'affaires, seules susceptibles de mettre en lumière les processus réels de formation des décisions de voyager.

.../...

CHAPITRE 31

DEMANDE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES

31.0 - Présentation de l'étude

L'étude avait pour objet de déterminer, dans la demande de transport, les facteurs régissant le choix du mode et de définir, dans la mesure du possible, à l'aide de modèles formalisés, l'incidence d'une modification des tarifs de marchandises sur le niveau d'utilisation des différents modes de transport.

31.00 - Champ de l'étude et hypothèses de base

On se place dans une perspective à court ou à moyen terme où ne sont retenues que les décisions des agents économiques concernant le choix du mode de transport. Ce faisant, on restreint le champ des décisions individuelles consécutives à une modification tarifaire, en ne prenant pas en compte les décisions possibles suivantes :

- a) la décision de changer de fournisseur (produits intermédiaires) ou de marché (produits finis) ;
- b) la décision de changer de type de production ;
- c) la décision de changer la localisation géographique de l'activité industrielle ou commerciale .

Dans ces conditions, on admet que la matrice des flux, tous modes de transport confondus, reste inchangée et que seule une substitution entre modes de transport est possible. A l'intérieur d'un mode tel que la route, on n'étudie pas les substitutions entre transport public et transport privé.

Par ailleurs, on étudie la demande moyenne de transport au cours d'une année, sans se préoccuper des problèmes de pointe, en particulier des problèmes de leur écrêtement.

31.01 - Définition du coût de transport

On verra ultérieurement que le coût est fréquemment le facteur prédominant du choix du mode de transport. Aussi convient-il d'en préciser la nature. Diverses notions de coût doivent être distinguées.

a) Coût principal

Le coût principal de transport d'une marchandise qui est acheminée d'un établissement A vers un établissement B est le coût supporté par la marchandise lorsqu'elle emprunte le mode de transport principal, c'est-à-dire, dans les cas courants, le chemin de fer, la voie navigable ou la route. La valeur du coût découle directement de l'application de la tarification en vigueur pour chaque mode, s'il s'agit d'un transport public soumis à tarification. Dans cette définition, les coûts de chargement et de déchargement ainsi que les coûts terminaux éventuels à chaque extrémité du transport principal sont exclus.

b) Coût direct

Le coût direct est la somme du coût principal, des coûts de chargement et de déchargement ainsi que des coûts des transports terminaux éventuels à chaque extrémité du transport principal (transport d'approche de l'établissement A au point de chargement afférent au mode principal et transport final à destination de l'établissement B).

c) Coût total

Le coût total de transport est défini comme la somme de tous les éléments directement chiffrables entrant dans le choix du mode de transport (coût direct, coût de stockage, d'emballage, pertes, assurances, etc.).

d) Coût généralisé

Le coût généralisé de transport est défini comme la somme de tous les éléments entrant dans le choix du mode de transport. Il se compose donc du coût total et de la valeur monétaire d'autres éléments plus difficilement chiffrables tels que la souplesse, la régularité, la sécurité.

31.02 - Phases de l'étude

L'étude s'est déroulée en trois phases.

En premier lieu, on a procédé à une enquête auprès de cent vingt établissements industriels et commerciaux. L'objet de cette enquête était principalement de mettre en évidence la structure des critères de choix du mode de transport de façon à disposer des éléments qualitatifs nécessaires pour la formulation du problème économétrique.

En second lieu, on a établi un cadre statistique adapté au problème. On s'est basé pour cela d'une part sur les résultats de l'enquête, d'autre part sur l'analyse de la structure des diverses tarifications en vigueur. L'ampleur du traitement des données statistiques de base a imposé le recours massif aux ordinateurs les plus puissants.

En dernier lieu, on a ajusté des modèles de demande de transport en séparant les transports lourds et les transports légers (voir définitions au § 31.21.10) puis on a testé la validité des paramètres statistiques obtenus. Enfin, après avoir analysé les facteurs régissant le choix du mode de transport, on a tiré des conclusions générales relatives à la demande de transports lourds et de transports légers.

31.1 - L'enquête

31.10 - Objet et organisation de l'enquête

L'objet principal de l'enquête était de mettre en évidence la structure des critères de choix du mode de transport de façon à disposer des éléments qualitatifs nécessaires pour la formulation des modèles et l'organisation des calculs statistiques.

Pour atteindre ce résultat, il fallait faire une enquête en profondeur auprès d'un nombre limité d'établissements. Elle a porté sur cent vingt établissements industriels et commerciaux. L'échantillon a été établi de façon à être représentatif sur le triple plan :

- de la nature des activités exercées dans la zone étudiée, et donc de la nature des produits transportés le long de l'axe ;
- des différentes localisations géographiques en tenant compte de la répartition régionale des activités et de la position de l'établissement par rapport à l'infrastructure de transport (existence ou non d'un embranchement ferroviaire, d'un quai sur la voie d'eau, proximité d'un grand axe routier, d'une grande agglomération, etc.) ;
- des tailles des entreprises.

Cette représentativité ne doit pas s'entendre au sens statistique, vu qu'il ne s'agissait pas de reconstituer les caractéristiques d'une population grâce à celles d'un échantillon ; le souci était plutôt de bien représenter les situations intéressantes choisies dans la gamme des situations possibles par la combinaison des critères qui viennent d'être mentionnés.

L'enquête a été effectuée par des visites (souvent deux ou même trois par établissement) d'ingénieurs spécialisés, précédées d'introductions des syndicats professionnels et des organismes régionaux, et par l'envoi d'un questionnaire détaillé.

Ce questionnaire était composé de trois parties ayant trait respectivement à :

- a) une description générale de l'activité de transport de l'entreprise : équipement en moyens de transport et de stockage, organisation du service transport, principaux courants de réceptions et d'expéditions ;
- b) une étude des critères de choix des moyens de transport : contraintes liées à la nature de la marchandise, à la position de l'expéditeur et du destinataire par rapport aux infrastructures de transport et au contexte commercial ; importance du coût de transport et classement des principaux facteurs régissant le choix du mode de transport ;
- c) une analyse détaillée d'un certain nombre de cas concrets d'expéditions ou de réceptions, récentes et représentatives.

Lors des visites, l'examen systématique du questionnaire était complété par une discussion plus libre et plus générale sur les processus réels de choix.

Ont été également inclus dans l'enquête, des établissements à caractère particulier tels que les transitaires.

31.11 - Résultats

31.11.0 - Aspects généraux

L'enquête montre que :

- a) Le coût direct de transport (voir définition § 31.01) est le facteur primordial de choix surtout pour les réceptions, c'est-à-dire lorsque le mode est choisi par le destinataire ; il joue un rôle un peu moins important pour les expéditions (choix du mode par l'expéditeur) pour lesquelles il est cité avec une fréquence un peu moindre et intervient plus souvent au deuxième ou au troisième rang.
- b) La souplesse et le délai, cités très souvent conjointement, jouent le rôle le plus important après les coûts, surtout pour les expéditions.

La souplesse se caractérise par la faculté d'adaptation sans hystérésis d'un mode aux variations de la demande de transport, qu'il s'agisse de variations dans le temps ou de variations de la taille des expéditions. Elle fait intervenir les facteurs de rapidité, de fréquence des liaisons et de régularité des délais d'acheminement.

Quant au délai, ce mot recouvre plusieurs notions qui peuvent être soit la durée d'acheminement proprement dite, soit la durée qui sépare l'instant où le moyen de transport est mis à la disposition de l'expéditeur, de l'instant où l'objet transporté est mis à la disposition du destinataire, soit encore la durée qui sépare l'instant où le client passe commande de l'instant où il reçoit la

marchandise. L'enquête montre que les entreprises sont surtout sensibles à la réalité que recouvre cette dernière définition. Cependant, comme elle n'est pas recensée et qu'en outre elle est très difficile à mesurer, on a utilisé à défaut, dans la suite de l'étude, la seconde définition.

c) Une série de facteurs plus ou moins importants sont évoqués de façon occasionnelle, mais généralement comme facteur secondaire. On peut citer la sécurité du service, c'est-à-dire l'assurance pour le destinataire de recevoir la quantité de marchandises désirée au jour et à l'heure fixés à l'avance, ou encore l'assurance de recevoir la marchandise sans détérioration.

On peut mentionner également la régularité qui est liée soit à la fréquence des expéditions, soit à la très faible dispersion des délais d'acheminement. Dans ce dernier cas d'ailleurs, la notion de régularité est à rapprocher de la notion de sécurité.

Enfin, on peut rattacher à cette catégorie de facteurs les caractéristiques physiques du réseau de transport sur une relation donnée (par exemple la très grande différence de distance de parcours sur la relation selon le mode emprunté). Ce facteur intervient toutefois rarement, mais lorsqu'il intervient, c'est de façon impérative.

Un autre élément à souligner est que, dans la plupart des établissements visités, le service transport a des effectifs fort limités, souvent chargés conjointement d'autres tâches. Il en résulte une façon routinière de régler les questions de transport, une sous-estimation du problème et une méconnaissance des conditions réelles des modes concurrents. Ceci entraîne la recherche de la solution de facilité et des choix qui ne sont pas toujours les plus rationnels.

Par ailleurs, les modes de transport préférés sont fréquemment divergents pour l'expéditeur et le destinataire. C'est ainsi que l'usine expéditrice préfère souvent livrer par fer pour des raisons de moindre coût, d'aménagement interne ou de facilité d'expédition. L'établissement client, au contraire, qui reçoit des tonnages beaucoup plus faibles, préfère plus souvent la route.

D'autre part, les exigences commerciales amènent souvent les établissements expéditeurs à payer le transport, tout en laissant le choix du mode au client. Il est donc plus important de savoir qui décide du choix du mode de transport que de savoir qui paie le transport, puisque celui qui décide n'est pas nécessairement celui qui paie.

Il est vraisemblable qu'un déplacement des centres de décision depuis les expéditeurs vers les destinataires, conjointement avec une politique de diminution du stockage, joue un rôle important dans la faveur croissante dont bénéficie le transport routier.

31.11.1 - Analyse des facteurs de choix et typologie des produits

La définition des variables explicatives à introduire dans les modèles formalisés implique qu'on classe les produits en catégories homogènes au vu des motivations déterminant le choix du mode de transport. On a donc établi une typologie des produits en fonction des facteurs de choix apparaissant dans l'enquête. On a regroupé les produits en grandes catégories homogènes (45) tant du point de vue de la nature des produits que des facteurs de choix du mode de transport. La typologie des produits est donnée dans la suite des tableaux des pages 201 à 205 . Puis les 45 catégories de produits ont été elles-mêmes regroupées en très grandes familles, en fonction

des facteurs de choix prédominants. On trouve :

- une famille de 29 catégories où le facteur principal de choix est le coût ;
- une famille de 12 catégories où la souplesse vient en tête ;
- une famille de 5 catégories où le délai et la régularité sont les premiers facteurs de choix.

Le classement résultant de cette typologie est provisoire. Lors de l'ajustement statistique, il a fallu le nuancer pour tenir compte d'autres facteurs tels que l'homogénéité des tarifs et l'importance des tonnages transportés sur les relations étudiées.

31.11.2 - Nécessité de rechercher une base statistique

De par la nature des renseignements nécessaires à l'ajustement des modèles (nombre important des données, homogénéité des informations, etc.), il était exclu de tirer de l'enquête les lois quantitatives recherchées. Aussi a-t-on été conduit à rechercher une base statistique plus large.

Celle-ci peut être élaborée a priori, soit à partir de séries temporelles, soit à partir de séries géographiques. Le choix entre ces approches dépend en tout état de cause des statistiques disponibles, des hypothèses générales de l'étude et de la structure des modèles retenus.

L'ajustement des paramètres sur séries temporelles présente, en matière de transport, l'inconvénient de souffrir de corrélation marquée entre l'évolution dans le temps du volume de la demande et celle des conditions de transport; de plus, il est difficile, particulièrement en matière de transport, de trouver des séries homogènes suffisamment longues et comportant la richesse d'information nécessaire à la prise en compte de tous les aspects qualitatifs des modes.

Quant à l'ajustement sur séries géographiques, il se trouve que le volume de transport sur une relation donnée est dépendant des caractéristiques des zones d'origine et de destination. Lorsque celles-ci n'apparaissent pas de façon explicite dans le modèle, il faut introduire des variables auxiliaires régionales, souvent fort difficiles à évaluer, et chercher une compensation des effets géographiques par une agrégation poussée des produits. Cet inconvénient est très sensible dans les modèles de génération de trafic (ou "modèles directs" ou "classiques", voir § 31.20.1, litt. a). Par contre, il disparaît (ou est du moins très atténué) dans les modèles de substitution qui conviennent à l'objet de l'étude : en effet, dans cette approche, l'influence des caractéristiques géographiques sur le volume global de transport sur une relation donnée n'entre pas en ligne de compte, puisqu'on s'intéresse uniquement à la répartition de ce trafic global donné entre les modes de transport disponibles.

En conclusion, la difficulté de trouver des séries homogènes suffisamment longues, les difficultés d'identification statistique qu'une telle approche implique, ainsi que la nature des modèles retenus, amènent à préférer une base statistique géographique.

La nature de ces modèles ainsi que la description du contenu de la base statistique font l'objet de la section 31.2 ci-après.

TYPOLOGIE - CARACTERISTIQUE PRINCIPALE : COUT

Désignation	Classement NST ⁽¹⁾			Variables intervenant dans le choix du mode de transport					Autres variables et remarques
	Chapitre	Groupe	Position	Coût	Qualité du service			Sécurité	
					Souplesse	Délai	Régularité		
Céréales	0	01		X ⁽²⁾	y ⁽²⁾	y			Taille du lot
Bois	0	05	051	X	y		y		
Viandes et poissons non périssables	1	15		X		y			
Nourritures pour animaux	1	17	172	X		y			
Oléagineux	1	18	181	X		y			
	1	18	182	X	y	y			
Combustibles minéraux solides	2			X					
Produits pétroliers	3			X	y			y	
Ferrailles	4	46		X	y				
Scories de refonte			472	X					
Produits métallurgiques	5	51		X		y			Facilités de manutention
	5	52 & 55		X		y			
Sables et graviers	6	61	611	X				y	
	6	61	612	X		y			Relation
	6	61	615	X					
Sel, soufre, pyrite	6	62	623	X	y				
Autres pierres et minéraux	6	63		X	y				

(1) Nomenclature uniforme pour les statistiques de transport

(2) X désigne le facteur de choix prédominant, y le ou les facteurs secondaires

TYPOLOGIE - CARACTERISTIQUE PRINCIPALE : COUT

Désignation	Classement NST			Variables intervenant dans le choix du mode de transport					Autres variables et remarques
	Chapitre	Groupe	Position	Coût	Qualité du service				
					Souplesse	Délai	Régularité		
Ciment,chaux,plâtre	6	64	641	X			y		Relation
Autres matériaux de construction manufacturés	6	69		X	y				
Engrais : sulfate de potassium	7	71	713	X					
Engrais manufacturés chlorure de potassium	7	72	723 (4132)	X					Relation
Produits chimiques de base	8	81	811	X	y			y	
	8	81	812	X					
	8	81	819 (3306)	X	y			y	
			819 (3307)	X				y	y
Cellulose et déchets	8	83	831	X	y	y			
Véhicules et matériel de transport	9	91	910	X			y		Commodité
Articles métalliques	9	94	941	X					Relation
Verres	9	95	951 (4021)	X			y	y	

TYPOLOGIE - CARACTERISTIQUE PRINCIPALE : SOUPLESSE

Désignation	Classement NST			Variables intervenant dans le choix du mode de transport					Autres variables et remarques
	Chapitre	Groupe	Position	Coût	Qualité du service			Sécurité	
					Souplesse	Délai	Régularité		
Matières textiles	0	04		y	X	y			
Betteraves à sucre	0	06		y	X				
Caoutchouc naturel et synthétique			092	y	X	y			
Sucre	1	11			X	y			Taille du lot
Boissons	1	12	121	y	X				
Engrais manufacturés	7	72	723 (4177)	y	X	y			
Fibres textiles	8	84			X			y	
Cuir, textiles, habillement	9	96	962		X	y			
Articles manufacturés	9	97	976		X		y		
Bois	0	05	055	y	<u>X</u>			y	
Produits métallurgiques	5	56		y	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>		Facilités de manutention. <u>X</u> : variable intervenant avec la même importance.
Autres matières chimiques	8	89		y	<u>X</u>	y			La variable souplesse est légèrement plus considérée que les autres

TYPOLOGIE - CARACTERISTIQUE PRINCIPALE : DELAI

Désignation	Classement NST			Variables intervenant dans le choix du mode de transport				
	Chapitre	Groupe	Position	Coût	Qualité du service			Autres variables et remarques
					Souples- se	Délai	Régulari- té	
Denrées alimentai- res périssables	1	14	143	y	y	X		
Articles manufac- turés divers	9	97	972 (papiers)	y		X		y
	9	97	973	y	y	X		

TYPOLOGIE - CARACTERISTIQUE PRINCIPALE : REGULARITE

Désignation	Classement NST			Variables intervenant dans le choix du mode de transport					
	Chapitre	Groupe	Position	Coût	Qualité du service			Autres variables et remarques	
					Souplesse	Délai	Régularité		Sécurité
Articles métalliques	9	94	949			y	X		
Verres	9	95	951	y	y		X		

31.2 - Modèles de demande et base statistique

31.20 - Le cadre théorique

31.20.0 - Problèmes généraux posés par l'ajustement des modèles

31.20.00 - Mise en relation de catégories homogènes de transport (identification des modes)

En matière de transport, l'utilisateur s'attache moins aux caractéristiques physiques du mode emprunté qu'au niveau de service susceptible d'être rendu par ce mode. C'est ainsi par exemple que l'utilisateur ressent, du point de vue du problème étudié, plus de différence entre les expéditions par petit bateau de canal et les expéditions par convois poussés sur une voie d'eau à grand gabarit qu'entre les expéditions par convois poussés et les expéditions par train complet.

On voit donc que l'identification technique des modes de transport ne suffit pas à définir un transport et qu'il est nécessaire de prendre en compte d'autres paramètres caractéristiques tels que la nature du produit, sa valeur, le coût du transport, la durée, la distance, la taille du lot, l'urgence, les conditions de rattachement aux infrastructures de transport.

31.20.01 - Les variables explicatives possibles

Les variables explicatives possibles a priori peuvent se ranger en deux grandes catégories.

La première comprend les variables pour lesquelles l'état des statistiques existantes permet d'opérer une stratification des trans-

ports en fonction des valeurs des variables. Dans cette catégorie peuvent figurer par exemple le coût de transport, la durée, la distance, la taille du lot, une mesure de l'urgence, les conditions d'embranchement, la fréquence de l'offre de transport et celle des expéditions. La seconde, au contraire, correspond aux variables pour lesquelles l'état des statistiques existantes ne permet pas la stratification des transports en fonction de la valeur de ces variables. Ce sont par exemple la souplesse, la sécurité du service ou encore les caractéristiques techniques de telle infrastructure de transport sur une relation donnée.

L'enquête a montré, par ailleurs, que la variable explicative du choix du mode de transport la plus souvent citée était le coût et qu'après elle venait la souplesse, puis la durée (la notion de souplesse étant liée d'ailleurs à celle de durée). Aussi a-t-on cherché à vérifier ces résultats d'enquête en construisant des modèles de substitution qui prennent pour variable explicative le coût et la durée.

Par ailleurs, on a préféré, dans le cadre de cette étude pilote, ajuster des modèles ayant un nombre limité de variables explicatives (une ou deux) de façon que l'interprétation des résultats reste aussi claire que possible.

On a donc mis en relation des transports entre modes concurrents, possédant en commun le nombre maximum d'éléments caractéristiques, ce qui a conduit à stratifier les transports en un grand nombre de catégories homogènes au regard des paramètres non introduits explicitement dans les modèles.

Il convient de souligner cependant que l'organisation des données dans la base statistique a été conçue de façon que tous les para-

mètres recensés puissent jouer éventuellement un rôle ; à cette fin, toute la richesse de l'information de base a été gardée.

31.20.02 - Niveau d'agrégation des données statistiques

L'ajustement des modèles résulte d'un compromis entre :

- d'une part, l'intérêt de mettre en relation des transports entre deux modes concurrents ayant en commun le plus grand nombre d'éléments caractéristiques, ce qui va dans le sens d'une faible agrégation des données de base ;
- d'autre part, l'intérêt de disposer d'un nombre suffisant d'observations pour permettre le meilleur ajustement possible, ainsi que l'intérêt de ne pas se trouver devant un nombre exagéré de modèles (plus difficilement analysables), ce qui va dans le sens d'une agrégation plus poussée des données de base.

En tout état de cause, il apparaît que la formulation d'un modèle de substitution entre modes peut toujours se ramener à un choix binaire ; c'est en fonction de ceci qu'on peut déterminer le niveau d'agrégation convenable, en stratifiant selon les éléments non introduits explicitement dans le modèle de type linéaire.

31.20.03 - Collinéarité entre variables explicatives

La validité de l'ajustement des modèles par la méthode des moindres carrés suppose en particulier que les variables explicatives ne soient pas liées par une relation linéaire ou quasi linéaire. Aussi conviendra-t-il, pour les modèles à plusieurs variables, d'effectuer un test de non-collinéarité avant toute interprétation des résultats (modèles en coût et durée).

31.20.1 - Les modèles de demande

Les modèles que l'on rencontre dans la littérature spécialisée et qui peuvent a priori être envisagés pour ce problème, peuvent être classés dans les grandes catégories suivantes :

a) Modèle de génération de trafic (appelé aussi "modèle direct" ou "classique")

La variable à expliquer est la quantité transportée d'un produit donné sur une relation donnée et pour un mode de transport donné. Comme dans une loi de demande classique, les variables explicatives sont les coûts de transport par le mode étudié et par les modes concurrents, et éventuellement d'autres caractéristiques du mode étudié et des modes concurrents.

Le modèle indique donc comment évolue le niveau de la demande de transport lorsqu'une ou plusieurs variables explicatives sont modifiées.

Or dans la présente étude, le niveau de la demande de transport est considéré comme une donnée exogène ; aussi est-on conduit à abandonner ce type de modèle.

b) Modèle de choix par tout ou rien

On fait l'hypothèse que chaque centre de décision choisit le mode de transport qui minimise la somme des désutilités attachées au transport de la marchandise (prix, durée, vitesse de la fréquence, conditionnement, assurance, etc.). Ce modèle suppose que le niveau global de la demande, sur un couple origine-destination donné, est une donnée exogène.

Cette formalisation convient particulièrement bien dans les cas où l'on doit expliciter le choix du mode de transport sur un petit nombre de relations portant chacune sur des tonnages importants. On l'a donc utilisée pour les transports lourds (cf. définition en 31.21.10).

c) Les modèles de substitution

La variable à expliquer est le rapport des tonnages expédiés sur un même arc, entre deux modes de transport concurrents. Les variables explicatives sont dans ce cas le rapport ou la différence des coûts, des durées et éventuellement d'autres caractéristiques quantifiables des deux modes de transport en présence.

On a vu (voir § 31.20.01 et 31.20.02) qu'il était toujours possible de ramener le choix entre modes à un choix binaire. La structure de ces modèles répond donc parfaitement au problème étudié lorsqu'on se trouve en présence d'un grand nombre d'expéditions assez diffuses, et n'obéissant pas nécessairement aux choix de type "tout ou rien".

Parmi les différents types possibles on a retenu les formes suivantes :

$$\text{Log } \frac{Q_{ij}^{kp}}{Q_{ij}^{k'p}} = a_p + b_p \text{ Log } \frac{C_{ij}^{kp}}{C_{ij}^{k'p}} + c_p \text{ Log } \frac{D_{ij}^{kp}}{D_{ij}^{k'p}} \quad (\text{Forme A})$$

et

$$\text{Log } \frac{Q_{ij}^{kp}}{Q_{ij}^{k'p}} = a'_p + b'_p (C_{ij}^{kp} - C_{ij}^{k'p}) + c'_p (D_{ij}^{kp} - D_{ij}^{k'p}) \quad (\text{Forme B})$$

- Q_{kp}^{ij} et $Q_{k'p}^{ij}$ sont les quantités du produit p transportées de la zone i vers la zone j respectivement par les modes k et k' ,
- C est le coût direct de transport,
- D est la durée de transport : de mise à disposition du moyen de transport chez l'expéditeur à mise à disposition de la marchandise chez le destinataire,
- $a_p, b_p, c_p, a'_p, b'_p$ et c'_p sont les paramètres à estimer,
- a_p et a'_p sont indicatifs de la préférence donnée à un mode indépendamment du coût et de la durée ; ils traduisent l'effet de toutes les caractéristiques modales autres que le coût et la durée et mesurent donc le "bonus" (dont l'expression est en fait $\frac{a}{b}$ ou, éventuellement, $\frac{a}{c}$),
- b_p et b'_p sont indicatifs de la sensibilité aux prix,
- c_p et c'_p sont indicatifs de la sensibilité aux durées.

La forme A du modèle a l'avantage de donner directement des élasticités aux prix et aux durées : on peut voir aisément que b_p et c_p sont des élasticités aux prix et à la durée et qu'elles sont constantes. Dans la forme B du modèle par contre, b'_p et c'_p ne sont pas des élasticités : celles-ci sont variables en fonction du niveau des prix et des durées des deux modes de transport ; il faut donc les calculer à partir de b'_p et de c'_p et du niveau de prix ou de durée pour lequel on désire connaître l'élasticité.

En raison du fait que l'on ne peut dire a priori quelle forme est plus adaptée au nuage de points observés pour tel ou tel produit, le parti retenu pour le calcul consiste à estimer la valeur des paramètres systématiquement dans les deux modèles pour tous les ensembles d'observations traités statistiquement et à retenir dans chaque cas le modèle le plus approprié ; cette façon de procéder permet en outre de s'assurer de la cohérence des résultats obtenus par l'un et l'autre modèle.

Il faut noter que les deux modèles sont sensibles à une éventuelle erreur sur les charges terminales (souvent mal ou peu connues). Si celles-ci sont introduites sous la forme d'une constante pour un produit donné, la forme B présente l'avantage de rejeter dans le paramètre a' une erreur éventuelle commise dans l'estimation des charges terminales, sans altérer les paramètres b' et c' .

Dans la pratique toutefois, on est amené à prendre les charges terminales non pas constantes mais fonction de la taille du lot. Aussi cette considération sur les charges terminales ne s'applique pas dans le cas concret de cette étude.

31.21 - La base statistique

31.21.0 - Généralités

L'établissement de la base statistique a représenté un travail dont l'importance doit être soulignée. Il a nécessité le traitement mécanographique de plus de 10 millions d'expéditions pour le chemin de fer et de près de 2 millions pour la route. De plus, il a fallu rendre homogènes les données avant de procéder à l'ajustement des modèles.

Le nombre d'expéditions en provenance ou à destination de l'axe Paris-Le Havre s'élevait à environ 400.000 pour le chemin de fer et 100.000 pour la route en 1966.

On a veillé, d'autre part, à garder toute la richesse de l'information disponible pour l'exécution des travaux ultérieurs.

31.21.1 - Les données

On considère les tonnages transportés au cours de l'année 1966.

31.21.10 - Modes de transport considérés

Les modes de transport considérés sont :

- la voie d'eau, qu'il s'agisse de transports publics ou privés ;
- la voie ferrée, où l'on distingue les transports légers (120 t et moins) et les transports lourds (au-dessus de 120 t), répartis entre deux sous-classes : au-dessous et à partir de 480 tonnes. Les rames supérieures à 120 t constituent des transports lourds au même titre que les transports par bateau de canal. Aussi a-t-on opté pour cette définition dans la suite de l'étude ;
- la route : l'exploitation est limitée aux transports publics à plus de 150 km, les seuls pour lesquels des feuilles de route sont établies. Les transports à courte distance et les transports privés ne sont connus que par des enquêtes où les taux de sondage sont beaucoup trop faibles pour fournir des résultats représentatifs au niveau de désagrégation géographique et par produit nécessaire pour l'étude.

En raison de cette circonstance, les transports privés par route ont dû être éliminés complètement du champ de l'étude. Cette restriction impose de poser une hypothèse supplémentaire dans la définition de la demande étudiée. On est obligé d'admettre, en effet, qu'il n'existe pas de substitution entre les transports routiers pour compte propre et les transports routiers professionnels au cours de la période considérée.

Les transports internationaux ont également été exclus de l'étude, car les points terminaux à l'étranger des transports sont mal ou pas connus ; de plus, il est probable que les coefficients d'élasticité ont des valeurs différentes en transport national et international en raison notamment des différences de cadre institutionnel et de système de tarification.

31.21.11 - Catégories de produits

Pour les catégories de produits, on a pris le plus petit commun dénominateur des trois modes de transport, à savoir la position NST : on travaille ainsi avec un découpage des produits en 176 catégories, ce qui est largement suffisant. Un tableau récapitulatif a également été établi au niveau des 19 sections dites NST (éclatement des 10 chapitres NST par le ministère français de l'équipement). D'autre part, des catégories ad hoc ont été créées pour le calcul des paramètres.

31.21.12 - Découpage géographique

Sur le plan géographique, l'unité retenue à ce stade est le département pour l'ensemble de la France et un découpage plus fin en regroupements de cantons pour la zone d'étude. Quant au champ couvert, ce sont toutes les expéditions qui ont soit leur origine, soit leur destination, dans les départements de l'Eure et de la Seine-Maritime. Ces deux départements englobent l'axe Paris-Le Havre depuis les limites de la région parisienne jusqu'à l'embouchure de la Seine.

31.21.2 - Le tableau trimodal

31.21.20 - Définition

Le tableau trimodal constitue la première phase du calcul statistique, qui a pour objet de préciser les cas de concurrence entre modes de transport. On a établi à cette fin un tableau comparant

les tonnages de département à département (ayant leur origine ou leur destination en Seine-Maritime et dans l'Eure) par mode de transport (eau - fer - route) et par position NST (on a fait également des regroupements au niveau des 19 "sections" dites NST).

Il se présente sous la forme de trois listings mécanographiques établis pour le trafic entrant, le trafic sortant et le trafic intérieur à la zone d'étude.

Son examen permet de dissocier les transports en deux grandes catégories : les transports lourds (transports par voie fluviale et transports ferroviaires par rames de plus de 120 tonnes), qui n'intéressent qu'un nombre limité de produits et de liaisons, et les transports légers (transports routiers publics et transports ferroviaires par lots de 120 t ou moins). En outre, à l'intérieur de chacune de ces catégories, il permet de distinguer les positions NST bimodales, qui empruntent normalement deux modes de transport, et les positions monomodales, captives d'un mode.

A l'intérieur des transports ferroviaires lourds, le tableau distingue les lots de 480 tonnes et plus de ceux inférieurs à 480 tonnes. Cette distinction n'a pas été utilisée dans la suite de l'étude.

31.21.21 - Lexique des termes utilisés

L'analyse du tableau trimodal, effectuée dans la section 31.3, fait intervenir un nombre de notions assez important. Aussi a-t-il paru opportun d'en rassembler ci-après les définitions :

- mode de transport : définit les caractéristiques physiques du mode emprunté (chemin de fer, route, voie navigable)
- marchandise : s'applique à la nature physique de ce qui est transporté (charbon, houille, anthracite...)
- produit ou catégorie de produit : correspond à la position NST ou à un regroupement de positions NST
- produit bimodal : produit transporté simultanément par chaque mode en concurrence sur certaines relations entrant dans le champ de l'étude
- produit captif (ou monomodal) : produit transporté uniquement par un seul mode de transport sur l'ensemble des relations étudiées
- produit préférentiellement captif : produit qui est l'objet d'un trafic préférentiellement captif (cf. définition ci-dessous)
- groupe de marchandises : ensemble de produits bimodaux auxquels ont été appliqués les divers modèles relatifs aux transports légers (classification des produits bimodaux en 56 groupes)
- relation bimodale : relation (de département à département, de canton à département) sur laquelle le produit étudié est transporté simultanément par l'un et l'autre mode en concurrence

- transport lourd : transport par eau, par pipe-line et par fer en ce qui concerne les expéditions par trains complets et rames supérieures à 120 t
- transports légers : transports routiers et transports ferroviaires par lots de 120 t ou moins
- trafic bimodal : un produit est l'objet d'un trafic bimodal lorsque, au moins sur certaines relations de département à département entrant dans le champ de l'étude, le produit est transporté partiellement par fer et partiellement par eau
- trafic captif : un produit est l'objet d'un trafic captif d'un mode de transport lorsque le produit est transporté uniquement par ce mode de transport sur chaque relation de département à département entrant dans le champ de l'étude
- trafic préférentiellement captif de la voie d'eau : un produit est l'objet d'un trafic préférentiellement captif de la voie d'eau lorsque le produit est transporté par fer sur les relations de département à département non desservies par la voie d'eau et uniquement par eau sur toutes les autres relations de département à département desservies par la voie d'eau.

L'analyse détaillée a été limitée aux produits les plus importants appartenant respectivement à la catégorie de "trafic bimodal" et à celle "pour lequel un examen ultérieur détermine la captivité ou la non-captivité". L'examen du trafic captif justifie le nom qui lui est donné : il comprend des produits (principalement les sables et graviers et le blé) attachés à un mode de transport - navigation intérieure - pour des considérations autres que le tarif de transport (stockage flottant pour le blé, localisation des carrières au bord de l'eau) et l'on peut conclure que pour des variations de tarifs raisonnables du mode concurrent (le chemin de fer) l'affectation ne serait pas changée. Il faut toutefois signaler que pour les sables et graviers, il y a du trafic lourd assuré par la route à courte distance ; indépendamment du fait qu'il n'existe pas de statistiques appropriées pour le transport à courte distance, on sait que l'affectation à la route ou à la voie d'eau dépend beaucoup plus de la localisation des carrières et des chantiers que des tarifs de transport.

Pour chaque produit retenu on a opéré de la façon suivante.

On a dressé, en premier lieu, une liste des relations de département à département, bimodales et monomodales, en distinguant les relations monomodales par fer des relations monomodales par eau. Puis on a analysé dans le détail les relations bimodales. En particulier, on a établi la liste de tous les courants de gare à gare et de port à port composant les trafics de département à département, et on a recherché les courants de gare à gare en correspondance géographique avec les courants de port à port. On s'est efforcé de vérifier, dans toute la mesure du possible, si ces courants ponctuels correspondaient à des expéditions entre un même établissement d'origine et un même établissement de destination, ou si, au contraire, ils correspondaient à des établissements différents.

En dernier lieu, on a examiné les avantages comparés du transport par fer et du transport par eau sur un éventail de cas concrets choisis parmi les expéditions ayant fait l'objet d'un calcul de coût de transport.

31.30.1 - Résultats

31.30.10 - Caractères généraux du trafic lourd

En 1966, le transport lourd de marchandises afférent à la zone d'étude s'élevait à environ 20.900.000 t, soit 26 % du tonnage total entrant ou sortant de la Seine-Maritime et de l'Eure (81.200.000), pipe-lines exclus. Il empruntait pour sa plus grande part la voie d'eau (87 % du trafic lourd), le trafic lourd par fer ne représentant que 22 % du trafic total relatif à ce mode.

Le trafic lourd concernait 94 positions NST, et 6 d'entre elles assuraient une proportion supérieure aux trois quarts (77 %) du trafic lourd total comme il ressort du tableau ci-après :

Répartition du trafic lourd afférent à la zone d'étude par position NST		
Position NST	Tonnage 1966	
	1.000 t	%
Sables communs et graviers	5.782	28
Fuel lourd	4.073	19
Fuel domestique	3.360	16
Essence de pétrole	1.348	6
Blé	878	4
Houille	788	4
Autres	4.713	23
TOTAL	20.942	100

L'analyse détaillée a été limitée aux produits les plus importants appartenant respectivement à la catégorie de "trafic bimodal" et à celle "pour lequel un examen ultérieur détermine la captivité ou la non-captivité". L'examen du trafic captif justifie le nom qui lui est donné : il comprend des produits (principalement les sables et graviers et le blé) attachés à un mode de transport - navigation intérieure - pour des considérations autres que le tarif de transport (stockage flottant pour le blé, localisation des carrières au bord de l'eau) et l'on peut conclure que pour des variations de tarifs raisonnables du mode concurrent (le chemin de fer) l'affectation ne serait pas changée. Il faut toutefois signaler que pour les sables et graviers, il y a du trafic lourd assuré par la route à courte distance ; indépendamment du fait qu'il n'existe pas de statistiques appropriées pour le transport à courte distance, on sait que l'affectation à la route ou à la voie d'eau dépend beaucoup plus de la localisation des carrières et des chantiers que des tarifs de transport.

Pour chaque produit retenu on a opéré de la façon suivante.

On a dressé, en premier lieu, une liste des relations de département à département, bimodales et monomodales, en distinguant les relations monomodales par fer des relations monomodales par eau. Puis on a analysé dans le détail les relations bimodales. En particulier, on a établi la liste de tous les courants de gare à gare et de port à port composant les trafics de département à département, et on a recherché les courants de gare à gare en correspondance géographique avec les courants de port à port. On s'est efforcé de vérifier, dans toute la mesure du possible, si ces courants ponctuels correspondaient à des expéditions entre un même établissement d'origine et un même établissement de destination, ou si, au contraire, ils correspondaient à des établissements différents.

En dernier lieu, on a examiné les avantages comparés du transport par fer et du transport par eau sur un éventail de cas concrets choisis parmi les expéditions ayant fait l'objet d'un calcul de coût de transport.

31.30.1 - Résultats

31.30.10 - Caractères généraux du trafic lourd

En 1966, le transport lourd de marchandises afférent à la zone d'étude s'élevait à environ 20.900.000 t, soit 26 % du tonnage total entrant ou sortant de la Seine-Maritime et de l'Eure (81.200.000), pipe-lines exclus. Il empruntait pour sa plus grande part la voie d'eau (87 % du trafic lourd), le trafic lourd par fer ne représentant que 22 % du trafic total relatif à ce mode.

Le trafic lourd concernait 94 positions NST, et 6 d'entre elles assuraient une proportion supérieure aux trois quarts (77 %) du trafic lourd total comme il ressort du tableau ci-après :

Répartition du trafic lourd afférent à la zone d'étude par position NST			
Position NST	Tonnage 1966		
	1.000 t	%	
Sables communs et graviers	5.782	28	
Fuel lourd	4.073	19	
Fuel domestique	3.360	16	
Essence de pétrole	1.348	6	
Blé	878	4	
Houille	788	4	
Autres	4.713	23	
TOTAL	20.942	100	

Par ailleurs, on trouve que 56 positions NST étaient captives d'un mode de transport et que le nombre total de relations de département à département concernées s'élevait à 627, soit moins de 2 % du nombre total de liaisons théoriquement possibles.

On voit donc que les transports lourds se caractérisent par des trafics importants et concentrés sur un faible nombre de relations.

31.30.11 - Examen de chaque catégorie de trafic

L'examen de chaque catégorie de trafic de département à département ayant son origine ou sa destination sur l'axe Paris-Le Havre montre que :

- le "trafic bimodal" est plus important que le trafic captif (53,4 % du trafic total contre 35,1 %), ce dernier étant constitué d'ailleurs presque uniquement de trafic par voie navigable ;
- le trafic pour lequel un examen ultérieur doit déterminer la captivité ou la non-captivité est relativement faible (11,5 % du trafic total) ;
- la quasi-totalité du trafic de chaque catégorie résulte du transport d'un nombre très faible de produits, de l'ordre de trois ou quatre, comme l'indique le tableau ci-après.

C A T E G O R I E D E T R A F I C					
Trafic bimodal		Trafic captif de la voie navigable		Trafic pour lequel un examen ultérieur détermine la captivité ou la non-captivité	
Position NST	Tonnage en %	Position NST	Tonnage en %	Position NST	Tonnage en %
1	2	3	4	5	6
1. Fuel lourd	37	1. Sables et graviers	76	1. Pierres concassées	23
2. Fuel domestique	31	2. Blé	11	2. Pétrole	20
3. Essence de pétrole	12			3. Engrais potassiques	16
4. Houille	7			4. Pierres calcaires	11
				5. Pâtes à papier	9
Sous-total 1 à 4	87	Sous-total 1 et 2	87	Sous-total 1 à 5	79
Autres	13	Autres	13	Autres	11
T O T A L	100	T O T A L	100	T O T A L	100

31.30.12 - Analyse des facteurs de choix du mode de transport et résultats de l'application du modèle

L'analyse détaillée effectuée dans la seconde phase de l'étude a permis de dégager les quatre points suivants :

- a) En dehors du cas particulier du transport par pipe-line, tout caractère de bimodalité du trafic disparaît lorsque l'on considère des expéditions d'établissement à établissement.

C'est ainsi que les expéditions de produits entre deux établissements donnés s'effectuent soit uniquement par fer, soit uniquement par eau. Le processus de décision des entreprises dans le choix du mode de transport est donc un processus de "tout ou rien".

Dans les rares cas où l'analyse statistique indique que les deux modes en concurrence ont été utilisés au cours de l'année 1966, un examen plus approfondi a permis de montrer que les entreprises avaient eu recours accessoirement au second mode en présence, le chemin de fer, en raison uniquement d'une défaillance de la navigation intérieure, soit que celle-ci était inutilisable (crue, gel, périodes de chômage), soit qu'elle était trop lente (transport de dépannage).

Il en résulte que l'utilisation des deux modes de transport sur une relation ponctuelle donnée relève de la complémentarité entre modes et non de la concurrence.

- b) L'enquête montre que le coût de transport sur une relation ponctuelle considérée constitue le motif déterminant du choix du mode de transport.

Le coût de transport pris en compte par les entreprises peut se décomposer en deux parties selon que les éléments constitutifs interviennent de façon systématique ou occasionnelle.

Les éléments intervenant de façon systématique, c'est-à-dire quels que soient le produit et la relation étudiés, sont le coût du transport principal et le coût des transports d'approche, dont la somme définit le coût direct de transport.

Les éléments intervenant de façon occasionnelle par contre dépendent du produit, du mode de transport ou de la relation étudiée.

Citons par exemple :

- le bris de la houille résultant du déchargement des péniches ;
- la détérioration de certains produits agricoles transportés par péniche (colza) ;
- les pertes subies en cours de transport par fer ou par eau (évaporation de l'essence) ;
- le délai lorsqu'il s'agit de transports de tonnages importants à longue distance par voie navigable (pâtes à papier) .

c) On a vérifié ce résultat d'enquête en effectuant le calcul comparé des coûts entre modes en concurrence pour quelques expéditions types de produits parmi les plus représentatifs des catégories "trafic bimodal" et "trafic pour lequel un examen ultérieur détermine la captivité ou la non-captivité". Les produits étudiés furent la houille, l'essence, le fuel lourd, les oléagineux, les pierres concassées, le pétrole, les engrais potassiques, les pierres calcaires et les pâtes à papier.

1) Règles de calcul des coûts

Les coûts indiqués dans l'étude sont des coûts calculés. En effet, on rencontre les plus grandes difficultés à recueillir par enquête les coûts réellement pratiqués.

On a cherché à encadrer les coûts réels entre deux limites - haute et basse - comprises dans une marge aussi étroite que possible. Le coût du transport principal a été déterminé par application de la tarification en vigueur et compte tenu de toutes les informations disponibles (taille du lot, régularité,

conditions d'embranchement, etc.). En hypothèse haute, on a appliqué les barèmes et l'on a tenu compte de décotes minimums. En hypothèse basse, au contraire, on a tenu compte de décotes maximums, résultant des meilleures conditions de tonnage et de régularité et des avantages résultant d'éventuels contrats à temps ou au tonnage.

D'autre part, les coûts de chargement et de déchargement, les transports terminaux à chaque extrémité ainsi que les coûts supplémentaires occasionnels (résultant par exemple de la détérioration du produit ou de la perte subie en cours de transport) ont été évalués directement à partir des résultats de l'enquête et d'études antérieures effectuées par la SETEC.

A titre illustratif, on trouvera dans l'annexe III. 3 les tableaux qui ont servi à estimer les coûts de transport de la houille sur les relations étudiées.

Ayant calculé une valeur haute et une valeur basse du coût de transport sur chaque liaison étudiée et pour chaque mode en concurrence, on a déterminé leur moyenne arithmétique. Puis sur chaque liaison, on a effectué la comparaison entre modes des valeurs moyennes ainsi calculées et l'on a vérifié que, conformément aux résultats de l'enquête, le mode de transport emprunté correspondait bien au mode pour lequel le coût moyen de transport était le plus bas. Les exceptions à cette règle (2 sur 53 relations étudiées) étaient rares et portaient sur des différences de coût très faibles (quelques ‰), de l'ordre de grandeur de l'erreur possible dans le calcul direct des coûts.

ii) Paramètres ayant une incidence sur le calcul des coûts

Les expéditions types retenues couvrent un champ de situations aussi large que possible. On a calculé des coûts de transport comparés, par exemple pour des produits transportés surtout par eau ou au contraire pour des produits peu transportés par eau, sur des relations à courte, moyenne et longue distance et pour des expéditions annuelles de fort ou au contraire de très faible tonnage.

Cette analyse des coûts a permis de mettre en lumière les paramètres les plus importants qui agissent directement sur le niveau des coûts et déterminent en définitive le choix du mode de transport. Ces paramètres sont rassemblés dans le tableau suivant.

EXPEDITIONS D'ETABLISSEMENT A ETABLISSEMENT

Liste des paramètres agissant sur le choix du mode de transport (transports lourds)

1. Paramètres importants intervenant de façon systématique

- 1.1 Le tonnage expédié annuellement entre l'établissement expéditeur et l'établissement destinataire pour le produit considéré
- 1.2 La taille des expéditions pour chacun des deux modes en présence (d'où se déduisent la fréquence et le caractère régulier ou non régulier des envois par rapprochement avec 1.1 et les autres informations)
- 1.3 La distance
- 1.4 Les conditions de rattachement de l'établissement expéditeur et de l'établissement destinataire aux modes de transport (embranchement particulier, appontement privé)
- 1.5 L'équipement des mêmes établissements en engins de manutention
- 1.6 La politique générale de transport de l'établissement destinataire, qui en règle générale choisit le mode de transport (par exemple, utilisation de moyens de transports publics ou privés, ou encore accords particuliers tels que contrats au tonnage ou contrats de fidélité avec la SNCF).

2. Paramètres moins importants intervenant de façon occasionnelle

- 2.1 Le délai de transport ainsi que les aléas attachés à ce dernier (dont l'incidence sur le niveau des stocks peut être sensible lorsqu'il s'agit de transports importants à longue distance)
- 2.2 La détérioration ou la perte de produits subie en cours de transport
- 2.3 Certaines contraintes résultant de l'organisation générale de l'établissement destinataire (par exemple travail à 1 poste).

Dans le cadre des hypothèses de base concernant la demande de transport, la quasi-totalité de ces paramètres (tous sauf la taille du lot) constituent des données exogènes puisque la répartition spatiale des transports entre établissements n'est pas modifiée.

- d) En règle générale, les expéditions fluviales impliquent que les établissements expéditeurs et destinataires soient localisés à même les rives de la voie d'eau. La zone d'influence de cette dernière est donc très limitée puisqu'elle se réduit au bord immédiat des rives. Cependant, elle peut s'élargir de quelques kilomètres lorsque l'établissement expéditeur (carrière, silo à grains) n'est relié ni au fer, ni à la voie d'eau ; elle ne s'élargit pas, par contre, lorsque l'établissement expéditeur, situé à quelque distance de la voie d'eau, est relié au fer.

31.31 - Transports légers

Deux approches complémentaires permettent d'apprécier, comme pour les transports lourds, les motifs présidant au choix des modes de transport. La première est l'enquête, dont les conclusions ont été rappelées ci-dessus ; la seconde est l'ajustement des modèles dont la description fait l'objet du présent paragraphe.

31.31.0 - Méthode utilisée

Les modèles de substitution retenus mettent en relation des catégories homogènes de transports entre modes concurrents (c'est-à-dire le chemin de fer et le transport professionnel par route).

En raison du nombre élevé des paramètres servant à définir ces catégories, le nombre de combinaisons deux à deux de catégories de transport dont la mise en relation paraît a priori intéressante est très élevé et ceci d'autant plus que pour chaque paramètre défini on a le choix du niveau d'agrégation. Aussi la méthode consiste-t-elle à ajuster un grand nombre de modèles en utilisant les ressources de l'ordinateur et à opérer une sélection des modèles obtenus sur la base de critères multiples, qui seront décrits ci-dessous en 31.31.4.

31.31.1 - Forme des modèles ayant servi à l'ajustement

La structure des modèles et la définition des variables retenues dans l'étude des transports légers sont indiquées au paragraphe 31.20.1, litt. c) du présent rapport. On en a déduit les six modèles suivants que l'on a ajustés systématiquement en pondérant chaque observation par la somme des tonnages fer + route sur la relation :

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = A + B (\text{CF} - \text{CR}) \quad (\text{forme A1})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = A + B (\text{CF} - \text{CR}) + C (\text{DF} - \text{DR}) \quad (\text{forme A2})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = A + C (\text{DF} - \text{DR}) \quad (\text{forme A3})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = A + B \text{Log } \frac{\text{CF}}{\text{CR}} \quad (\text{forme B1})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = A + B \text{Log } \frac{\text{CF}}{\text{CR}} + C \text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}} \quad (\text{forme B2})$$

$$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = A + C \text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}} \quad (\text{forme B3})$$

31.31.2 - Données servant à l'ajustement des modèles

31.31.20 - Relations bimodales

L'ajustement des modèles implique l'existence de relations bimodales. Sont donc éliminés de la formulation, d'une part tous les transports de produits qui, dans la zone d'étude, ne sont l'objet que d'un mode de transport (produits monomodaux), d'autre part tous les trafics sur les relations monomodales relatives aux produits bimodaux.

Ces derniers trafics n'ont pu être introduits dans l'ajustement même par un artifice mathématique, car on ne dispose dans ce cas d'aucune donnée relative au coût de transport du mode concurrent; de plus, toute estimation de ces coûts reste exclue, dans le cadre de cette étude, puisque ceci nécessiterait un calcul pour chaque expédition composante de chaque liaison monomodale ; ce qui représente un nombre très élevé de calculs, qui ne peuvent, dans le cas du transport par fer, être effectués mécanographiquement : en effet, la complexité des tarifs SNCF ne permettra pas leur mise en programme avant plusieurs années.

31.31.21 - Coût du transport principal sur
les relations bimodales pour cha-
que mode concurrent

De même, l'ajustement des modèles implique que les coûts du transport par fer et du transport par route soient connus sur les relations bimodales. Cette contrainte élimine donc tous les transports correspondant à des produits non soumis à tarification.

Les données ont été extraites directement des fichiers mécanographiques de base relatifs au fer et à la route. Ils indiquent les prix réels du transport principal pour chaque expédition.

31.31.22 - Coût des charges terminales

Celles-ci ne sont pas recensées. Aussi a-t-on procédé à une évaluation forfaitaire des charges terminales, qui sont modulées en fonction de la condition de tonnage.

31.31.23 - Durée de transport sur les relations bimodales pour chaque mode concurrent

Comme pour les charges terminales, la durée de transport n'est pas recensée. On a donc établi des matrices de transport fer et route, adaptées au découpage géographique retenu, sur la base d'études spécifiques.

31.31.24 - Conditions de tonnage

L'examen comparé des tarifications fer et route montre que les coûts du transport par fer et du transport par route varient fortement selon la taille du lot expédié. C'est pourquoi on a distingué les trafics selon la condition de tonnage.

Dès lors, sont considérées comme bimodales, les relations (de zone à département ou vice versa) qui sont l'objet simultanément de transports par fer et par route, dans une même classe de tonnage (par exemple supérieure à 20 t). En effet, au niveau individuel de la microdécision (niveau qui sous-tend les agrégations effectuées), le choix entre les deux modes de transport se pose à l'agent économique pour une condition de tonnage déterminée ; il serait faux par exemple de présenter comme deux solutions à un même choix un transport par route par lots de trois tonnes et un transport par fer par lots de vingt tonnes.

31.31.25 - Conditions d'embranchement

Les conditions d'embranchement ne jouent que pour le transport par fer, selon que l'expéditeur ou le destinataire sont ou ne sont pas embranchés au fer.

31.31.26 - Urgence

Les données recueillies pour la route ne permettent pas d'isoler les transports urgents des autres transports. En ce qui concerne le fer, par contre, cette distinction est parfois possible. On a donc étudié séparément les transports urgents (régime accéléré) et les transports non urgents (régime ordinaire).

31.31.3 - Niveau d'agrégation des données retenues pour l'ajustement des modèles

31.31.30 - Les positions NST

L'examen du tableau trimodal a permis d'opérer une première sélection des positions NST en éliminant les produits qui n'empruntent qu'un seul mode de transport dans la zone d'étude. Puis, reprenant la classification des produits en groupes NST, on a analysé chacun de ces groupes au regard de la nature des produits, des résultats de l'enquête (typologie), de leur valeur, du niveau comparé et de l'homogénéité des barèmes fer et route, ainsi que de l'importance des tonnages transportés sur les relations étudiées.

On a fait éclater certains groupes NST hétérogènes sur la base de ces critères et on a regroupé au contraire certains autres. On a obtenu de cette façon 56 groupes de marchandises.

31.31.31 - Coût de transport

On a introduit le coût direct de transport (charges terminales comprises) sous la forme d'un coût moyen à la tonne, sur chaque relation bimodale, pondéré par les tonnages transportés dans chaque classe de taille de lot et sur chaque relation ponctuelle à l'intérieur de la relation de zone à département (ou vice versa).

31.31.32 - Conditions de tonnage

On a considéré huit classes de tonnage dont les limites ont été déterminées en fonction de la tarification appliquée à chaque mode.

.../...

31.31.33 - Conditions d'embranchement

On a examiné successivement les transports ferroviaires de gare à gare, de gare à embranché, d'embranché à gare, d'embranché à embranché, puis toutes conditions de rattachement confondues, et ceci en distinguant le régime de transport (régime ordinaire - régime accéléré - les deux régimes regroupés).

31.31.4 - Critères de sélection des résultats du calcul

La multiplication des découpages entraîne une profusion de résultats numériques. Elle est prévue pour permettre la sélection de ceux qui ont une signification statistique et économique en fonction d'une série de critères :

- existence d'un nombre de relations bimodales suffisant pour que le calcul ait une valeur statistique,
- tonnages suffisants par l'un et l'autre mode pour éliminer les aléas qui proviendraient de la seule considération de quelques expéditions exceptionnelles, ainsi que les cas "bimodaux" où le tonnage d'un mode ne représenterait qu'une très petite fraction du tonnage de l'autre mode,
- test de collinéarité entre les rapports ou différences de coût et de durée. Ce test permet de ne garder les modèles à deux variables explicatives (coût et durée) que lorsqu'on peut identifier l'influence des deux variables,
- caractéristiques proprement statistiques des modèles : haute valeur du coefficient R et faible écart type relatif de l'estimation des paramètres a, b, et c (ou, éventuellement, a et b ou a et c),

.../...

- signification économique des coefficients estimés : leur signe, la cohérence entre les modèles log-log et les modèles log-linéaires, la cohérence avec les résultats de l'enquête et avec la connaissance générale du milieu économique.

31.32 - Résultats

31.32.0 - Caractères généraux des transports légers

Avant toute analyse des modèles on a effectué un classement des groupes de marchandises faisant l'objet de trafic bimodal sur la base des deux critères suivants :

- proportion du trafic par lots supérieurs à 17 t,
- proportion du trafic dans un rayon inférieur à 250 km.

Le tableau de la page suivante montre que la part du trafic par lots supérieurs à 17 t est d'autant plus élevée que la valeur du produit est plus faible et que la part du trafic à longue distance est en général plus élevée pour les produits chers que pour les produits moins chers.

31.32.1 - Analyse des modèles

31.32.10 - Présentation des résultats

L'annexe III. 4 rassemble les modèles jugés acceptables. Elle indique successivement :

- le groupe de marchandises auquel se rapporte le ou les modèles (col. 1 et 2),
- les conditions terminales et le régime du transport par fer (col. 3, 4 et 5 ; la col. 3 est un code qui regroupe les informations des col. 4 et 5),

.../...

PART DU TRAFIC PAR LOTS SUPERIEURS A 17 T

Part du trafic dans un rayon de 250 km	> 70%									de 70% à 30%									< 30%								
	Groupe de marchandises			% de trafic par mode		Valeur du produit FF/t	Groupe de marchandises			% de trafic par mode		Valeur du produit FF/t	Groupe de marchandises			% de trafic par mode		Valeur du produit FF/t									
	N°	dénomination	fer	route	N°		dénomination	fer	route	N°	dénomination		fer	route													
< 70%	04	Bois en grumes	70,3	67,9	300	03	Matières textiles	7,7	31,6	4.000	13	Biscuits	14,5	29,9	3.000												
	14	Tourteaux	95,4	54,0	470	06	Peaux et pelleteries brutes	42,6	31,7	4.000	38	Fibres textiles	11,6	18,8	7.500												
	15	Autres nourritures pour animaux	80,0	47,3	400	07	Caoutchouc	42,9	53,7	450	41	Produits médicinaux d'entretien	30,8	13,0	2.000												
	18	Minerais non ferreux	79,6	58,1	400	09	Boissons sauf vins	62,9	24,8	1.000	44	Matières et produits chimiques	27,2	33,0	500												
	20	Produits sidérurgiques	97,9	57,3	450	29	Autres matériaux de construction	32,2	59,2	220	48	Cuirs	11,4	10,0	>10.000												
	21	Autres produits sidérurgiques	80,5	63,9	700	39	Matières plastiques brutes	15,8	54,2	4.000	49	Textiles	14,5	11,8	>10.000												
	22	Métaux bruts	74,3	63,1	1.500	40	Produits colorants	28,3	31,2	1.500	50	Habillement	-	14,2	>10.000												
	24	Argiles	88,3	47,0	130	45	Appareils électriques	39,8	34,5	>5.000	51	Articles en caoutchouc	26,5	14,0	6.500												
	25	Sel et soufre	80,4	38,8	130	46	Articles métalliques	20,1	40,1	2.000																	
	27	Autres minéraux	92,0	46,9	300	52	Papiers, cartons	69,1	54,1	1.000																	
	30	Sels de potasse bruts	91,1	47,0	250	54	Articles manufacturés en bois	17,4	44,0	1.600																	
	34	Soude	95,9	78,6	350	55	Autres articles manufacturés	1,7	33,1	10.000																	
	35	Carbure de calcium	96,8	43,5	1.040	56	Matériel usagé	38,6	60,7	5.000																	
	36	Brais et goudrons	73,3	46,1	300																						
	> 70%	01	Blé	97,8	72,6	450	10	Café, chocolat	30,1	59,8	5.500	05	Autres bois	25,3	17,0	...											
		02	Autres céréales	89,0	65,7	400	11	Miel et glucose	51,3	21,8	1.500	42	Explosifs	23,3	25,3	7.000											
08		Sucre	98,7	53,7	940	16	Oléagineux	60,5	37,1	1.000	47	Verre et poterie	26,5	18,1	2.000												
12		Farines	96,2	51,1	650						53	Meubles et articles d'ameublement neufs	12,0	20,0	4.500												
17		Houille et coke	94,0	22,5	100																						
19		Ferrailles	94,1	41,3	190																						
23		Sables industriels	98,6	41,7	45																						
26		Autres pierres	98,9	45,1	40																						
28		Ciments et plâtres	99,3	46,9	60																						
31		Autres engrais	93,3	97,7	200																						
32		Engrais potassiques	91,8	73,4	280																						
33	Engrais manufacturés	94,4	62,4	270																							
37	Cellulose et déchets	78,8	60,5	450																							
43	Amidon, féculés	73,7	30,2	200																							

- le nombre total d'expéditions (premier nombre de la colonne 6) et le nombre de relations géographiques bimodales (deuxième nombre de la colonne 6),
- le tonnage fer (col. 7) et route (col. 8) sur lequel porte l'ajustement, ainsi que la somme de ces deux tonnages (col. 9) exprimée en % de la somme des tonnages fer + route afférente soit au bloc de base 10 (ensemble - régime ordinaire), soit au bloc de base 15 (ensemble - régime accéléré),
- le coefficient de corrélation (col. 10), la valeur des paramètres a, b et c des modèles (col. 11, première ligne) ainsi que les écarts types correspondants (col. 11, deuxième ligne, entre parenthèses).

D'autre part, afin de faciliter l'analyse des valeurs des paramètres obtenus, celles-ci ont été reportées sur la série de graphiques reproduits dans l'annexe III. 5 en fonction de la valeur moyenne estimée des produits composant chaque catégorie de marchandises.

31.32.11 - Aperçu général

L'ajustement des modèles log-linéaires et des modèles log-log a montré que les deux modèles conduisent à des résultats assez semblables; aussi est-il justifié de limiter l'analyse à un seul type de modèle. On a choisi de commenter les modèles en log-log puisque ces derniers indiquent directement la valeur des élasticités de substitution.

Par ailleurs, on a préféré indiquer dans l'annexe III. 4 un nombre maximum de modèles, de façon à pouvoir effectuer certaines comparaisons relatives en particulier à la valeur des paramètres lorsque le nombre d'observations est assez faible. C'est ainsi que l'on constate que la dispersion de la valeur des paramètres est plus élevée pour les modèles ajustés sur un faible nombre de relations que sur les modèles ajustés sur un nombre de relations plus important (supérieur à 30).

Cette annexe reproduit 221 modèles acceptables, parmi lesquels on trouve 95 modèles en coût et durée, 72 modèles en durée et 54 modèles en coût. Les modèles en coût et durée sont donc les plus nombreux.

a) Répartition du nombre de modèles selon la valeur du coefficient de corrélation

Valeur de R	Nombre de modèles			
	Modèles en coût	Modèles en durée	Modèles en coût et durée	Tous types de modèles
$0,52 < R < 0,6$	25	25	26	76
$0,6 \leq R < 0,7$	13	27	29	69
$0,7 \leq R < 0,8$	8	11	23	42
$0,8 \leq R$	8	9	17	34
Ensemble: $0,52 < R$	54	72	95	221

Ainsi, 76 modèles correspondent à un coefficient de corrélation R supérieur ou égal à 0,7 parmi lesquels 34 modèles ont un coefficient supérieur ou égal à 0,8.

b) Répartition du nombre de groupes de marchandises selon le nombre de types de modèles acceptables par groupe

Transports légers	Nombre de types de modèles acceptables				Ensemble
	3	2	1	0	
Nombre de groupes de marchandises	18	25	3	10	56

Ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessus, il existe des modèles acceptables pour la plupart des groupes de marchandises étudiés (46 sur 56).

En outre, on trouve qu'il existe deux ou trois types de modèles acceptables pour la plupart des groupes de marchandises, et cette tendance s'accroît si l'on effectue la même comparaison au niveau des catégories de trafic internes à chaque groupe et définies par le bloc de base.

31.32.12 - Les paramètres des modèles

a) Les modèles en coût

- Régime ordinaire (1)

Le coefficient a est tantôt positif, tantôt négatif. Cependant, sa valeur absolue est faible; elle est le plus souvent inférieure ou égale à 1 et ne semble pas liée à la valeur du produit.

(1) Voir graphiques nos 1 et 2 de l'annexe III, 5.

L'élasticité de substitution au prix est négative comme on pouvait s'y attendre. On observe trois exceptions ; encore faut-il signaler que deux d'entre elles ont une valeur positive très élevée (+ 10,90 et + 9,73) et s'apparentent à des modèles de tout ou rien. En général, la valeur absolue des élasticités est relativement forte (60 % des coefficients sont en valeur absolue supérieurs à 5). Toutes choses égales par ailleurs, elle est plus élevée lorsqu'il s'agit de transports d'embranché à embranché (valeur absolue supérieure à 10).

Enfin, l'analyse des transports correspondant au bloc de base n° 10 (ensemble des transports par fer) montre que l'élasticité de substitution a tendance à diminuer (en valeur absolue) lorsque la valeur du produit augmente, ce qui est également conforme aux données de l'enquête.

- Régime accéléré⁽¹⁾

Le nombre de modèles acceptables est plus réduit qu'en régime ordinaire, ce qui rend plus difficile l'interprétation des résultats.

En ce qui concerne le coefficient a , les conclusions dégagées dans le paragraphe précédent s'appliquent également au régime accéléré. Mais à l'inverse, la majorité des valeurs du paramètre est négative.

Quant aux valeurs du paramètre b , on observe une proportion plus importante de valeurs positives que de valeurs négatives. Leurs valeurs absolues cependant sont plus faibles (en général inférieures à 4).

(1) Voir graphiques nos. 3 et 4 de l'annexe III. 5 .

b) Modèles en durée

- Régime ordinaire ⁽¹⁾

La quasi-totalité des valeurs du paramètre a est positive. Elles ont tendance à diminuer lorsque la valeur du produit augmente. Elles sont en général inférieures à 5 (24 % des coefficients sont supérieurs à 5).

Les élasticités de substitution à la durée pour leur part sont bien négatives, sauf rares exceptions. Leurs valeurs absolues sont également le plus souvent inférieures à 5 (20 % des coefficients sont en valeur absolue supérieurs à 5).

L'examen des coefficients afférents au bloc de base 10 (ensemble des transports par fer), seule catégorie pour laquelle on dispose d'un nombre d'observations suffisant, montre que la valeur absolue du paramètre est peu sensible à la valeur du produit.

- Régime accéléré ⁽²⁾

En régime accéléré au contraire, les valeurs du paramètre a sont tantôt positives, tantôt négatives mais leur valeur absolue est faible (inférieure ou égale à 1) et ne dépend pas de la valeur du produit.

Par ailleurs, on trouve que les élasticités de substitution à la durée sont presque toujours négatives, comme en régime ordinaire. Cependant, leurs valeurs absolues sont plus faibles (comprises entre 0 et 4) et ne semblent pas dépendre de la valeur du produit.

(1) Voir graphiques nos. 5 et 6 de l'annexe III. 5

(2) Voir graphiques nos. 7 et 8 de l'annexe III. 5

c) Modèles en coût et durée

- Régime ordinaire⁽¹⁾

Comme indiqué précédemment, on trouve en général deux types de modèle acceptables pour une même catégorie de trafic définie par le bloc de base. L'un de ces deux modèles est presque toujours un modèle en coût et durée. D'autre part, on constate que le pouvoir explicatif du modèle en coût et durée n'est pas systématiquement très supérieur au pouvoir explicatif du modèle à une seule variable ; la variabilité des coefficients d'un modèle à l'autre reste assez faible.

C'est ainsi que les valeurs de b du modèle en coût et durée s'apparentent à celles du modèle en coût (cf. graphiques nos. 2 et 10) et que les valeurs de c s'apparentent à celles du modèle en durée (cf. graphiques nos. 6 et 11).

- Régime accéléré⁽²⁾

Ce qui vient d'être dit pour le régime ordinaire s'applique point par point à l'analyse des résultats relatifs au régime accéléré.

(1) Voir graphiques nos. 9, 10 et 11 de l'annexe III. 5.

(2) Voir graphiques nos. 12, 13 et 14 de l'annexe III. 5.

31.4 - Conclusions

L'étude pilote a montré que les transports de marchandises se répartissaient en deux grandes catégories selon l'importance des tonnages échangés sur les relations entre établissements : les transports lourds et les transports légers.

Les transports lourds se caractérisent par des expéditions massives de produits de faible ou de très faible valeur, concentrées sur un nombre très faible de relations ponctuelles. Les transports légers, au contraire, sont plus diffus et représentent des tonnages beaucoup plus faibles sur les relations ponctuelles considérées.

31.40 - Transports lourds

31.40.0 - Facteurs de choix du mode

En ce qui concerne les transports lourds, le facteur de choix du mode est toujours le coût de transport, le coût pris en compte par les entreprises se composant dans presque tous les cas de la somme du coût direct (résultant des tarifs) et des charges terminales.

31.40.1 - Modèles retenus

Le processus de décision au niveau des expéditions entre établissements est un processus de tout ou rien. Comme, d'autre part, le nombre de relations faisant l'objet de trafic lourd est très restreint, il apparaît que le modèle de décision le plus adapté aux transports lourds est le modèle microéconomique de choix par tout ou rien.

31.40.2 - Généralisation des résultats

L'application du modèle à un nombre de cas aussi divers que possible et pour un nombre étendu de produits, montre que les résultats obtenus sont conformes dans la quasi-totalité des cas à la règle de choix énoncée.

On a toutes raisons de penser que le modèle est généralisable et peut être appliqué à l'ensemble des transports. Le problème pratique qui resterait à résoudre pour une telle généralisation est celui de l'organisation des calculs.

31.41 - Transports légers

31.41.0 - Facteurs de choix du mode

L'enquête a montré que les facteurs de choix prépondérants du mode de transport sont le coût et la durée de transport. Comme pour les transports lourds, le coût pris en compte par les entreprises est, dans la plupart des cas, la somme du coût direct et des charges terminales, tandis que la durée de transport correspond à l'intervalle de temps séparant l'instant où le client passe commande de l'instant où il reçoit la marchandise. Dans la pratique toutefois, on a été amené à considérer la durée séparant l'instant où le moyen de transport est mis à la disposition de l'expéditeur de l'instant où la marchandise est mise à la disposition du destinataire.

31.41.1 - Modèles retenus

Dans le cadre de l'étude pilote, on a préféré retenir des modèles ayant un nombre limité de variables explicatives de façon que l'interprétation des résultats reste aussi claire que possible. La forme de ces modèles est indiquée au paragraphe 31.31.1 .

L'ajustement statistique a permis de trouver des élasticités en prix et en durée dans huit dixièmes des cas.

.../...

31.41.2 - Généralisation des résultats

Conformément à ce que l'on pouvait attendre, l'analyse des transports de marchandises, à un niveau d'agrégation plus fin, améliore notablement la qualité des ajustements statistiques.

Cependant, à l'issue de cette étude pilote, on ne peut porter un jugement définitif sur la qualité des modèles jugés acceptables : en particulier, on ne peut pas conclure avec certitude à la généralisation de la validité des valeurs numériques des paramètres obtenus pour des transports concernant une zone géographique différente ou plus étendue. En effet, on observe que le nombre de modèles acceptables obtenus ne représente qu'une part du nombre total de modèles essayés. Une raison pourrait en être le nombre relativement faible d'observations sur lesquelles a été ajusté un grand nombre de modèles.

Ainsi une voie de recherche certainement intéressante consiste à étendre le champ géographique des transports de façon à accroître le nombre d'observations relatives aux modèles étudiés. S'il en était ainsi, il ne faudrait pas perdre de vue que l'avantage qui pourrait en résulter risque d'être controbalaçé en partie par des effets de variabilité régionale. Il faudrait alors examiner si cette difficulté peut être facilement tournée par des artifices de méthode statistique ou si au contraire il conviendrait de considérer de nouveaux groupes de marchandises plus fins que ceux retenus dans l'étude pilote.

De plus, l'intérêt de cette voie de recherche serait de montrer si les valeurs des paramètres obtenus sont stables ou au contraire dépendent fortement de l'échantillon géographique des données.

Une autre voie de recherche également intéressante, et qui est complémentaire de la précédente, consiste à tester la stabilité des paramètres et la validité des modèles aux diverses hypothèses d'agrégation.

tion. Cette voie constitue le prolongement immédiat des travaux entrepris jusqu'à présent et permettrait de porter un jugement sur les critères d'agrégation retenus.

S'il apparaissait à l'issue de cette phase que la valeur des paramètres est très sensible à l'hypothèse d'agrégation et que la qualité moyenne des modèles obtenus n'est pas améliorée dans l'ensemble, ce qui veut dire qu'il n'existe pas une combinaison optimum de critères d'agrégation selon la définition retenue au départ, il faudrait reprendre la définition des modèles et explorer d'autres méthodes d'agrégation possibles.

Il conviendrait, en particulier, d'examiner s'il est possible d'introduire dans les modèles, sans que cela entraîne un travail excessif, les expéditions relatives aux relations monomodales pour lesquelles on ne connaît pas le coût de transport du mode concurrent : une solution possible mais coûteuse consisterait à travailler sur un sondage, pour lequel on calculerait à la main le coût de transport du mode concurrent. Il serait également intéressant mais délicat d'étendre l'étude aux transports routiers privés.

Il serait également important de vérifier s'il n'y a pas lieu de stratifier les expéditions selon le tonnage annuel expédié sur la relation, ainsi que selon la taille du lot (en recherchant des élasticités séparées pour chaque taille de lot). On pourrait alors rapprocher les résultats par taille de lots de la politique de stockage (grâce aux résultats de l'enquête) et les croiser avec les résultats obtenus par stratification selon les tonnages annuels. Ceci pourrait être rapproché également des considérations sur le bonus (prix et durée) suggérées par l'examen du paramètre $\frac{a}{b}$ ou $\frac{a}{c}$.

Ainsi, bien que l'approche suivie dans le cadre de cette étude ait fourni des résultats intéressants, il serait souhaitable d'approfondir le problème de la substitution entre modes sur certains points afin que l'on puisse considérer tous les résultats obtenus comme suffisamment fondés et généralisables.

QUATRIEME PARTIE

CALCUL DES COUTS ET DETERMINATION DES TARIFS D'OFFRE

CHAPITRE 40

ORGANISATION GENERALE DES CALCULS -
RECUEIL ET TRAITEMENT DES DONNEES DE BASE

40.0 - Période de référence

Les calculs ont été effectués à partir des données de coûts et de trafic relatives à l'année 1965. Dans les cas où l'on ne disposait pas des données relatives à cette année, on a eu recours à des données portant sur les années voisines, qui ont été ajustées à l'année 1965.

40.1 - Décomposition des réseaux

Afin de permettre une déperéquateur aussi poussée que possible des tarifs applicables en matière d'utilisation des infrastructures, celles-ci ont été décomposées de la façon suivante pour les trois modes de transport:

- Chemin de fer

La partie de la ligne Paris - Le Havre reprise dans l'étude a été découpée en trois sections, à savoir:

Achères (trriage exclu) - Mantes,
Mantes - Sotteville,
Sotteville - Le Havre.

On a retenu en plus deux autres sections constituées par les lignes Elbeuf - Oissel et Bréauté - Gravenchon. Enfin, les infrastructures des triages de Sotteville et du Havre - Soquence ont été relevées à part.

- Route

Le réseau routier recensé a été décomposé en sections délimitées par des noeuds d'injection du trafic et homogènes quant à la largeur des chaussées. Le réseau routier du département de la Seine-et-Oise, pour la partie incluse dans l'étude, comporte 6 sections, celui de l'Eure 23 sections et enfin celui de la Seine-Maritime, 13 sections.

Ce découpage concernait à l'origine non seulement le réseau des routes nationales mais également quelques routies départementales. Certains aménagements ont toutefois été apportés à ce découpage dans la suite des calculs. En plus des sections qui n'ont pas été retenues pour les raisons évoquées dans le renvoi de la page 41, les sections 7 et 11 du département de la Seine-et-Oise ont également été éliminées en vue d'assurer une concordance rigoureuse entre le champ d'application de l'étude de la demande de transport et celui de l'étude pilote proprement dite. Il n'a pas non plus été procédé au relevé des données relatives à la section de l'autoroute de Normandie en service en 1965, d'une dizaine de kilomètres de longueur; les caractéristiques de cette section sont peu homogènes avec celles de l'ensemble des sections routières retenues dans l'étude, ce qui aurait impliqué la mise au point de modalités d'application particulières des méthodes sans que celles-ci puissent être transposées telles quelles à un réseau autoroutier plus vaste. En ce qui concerne cependant le système de l'équilibre budgétaire, on a tenu compte des dépenses d'investissement effectuées sur cette autoroute.

- Voie navigable

Les infrastructures de navigation intérieure ont été décomposées en trois sections, à savoir:

la Seine du confluent de l'Oise à Bas-Cléon;

la Seine de Bas-Cléon à Tancarville;

le canal de Tancarville.

40.2 - Application des divers systèmes

- Chemin de fer

Le système du coût total a été étudié pour l'ensemble des sections. L'application des systèmes des coûts marginaux sociaux et de l'équilibre budgétaire par contre a été limitée aux sections Mantes-Sotteville et Sotteville-Le Havre, qui sont les seules pour lesquelles on a pu mettre au point tous les éléments de calcul nécessaires. Des précisions à ce sujet sont fournies dans le paragraphe 41.01.

- Route

Tous les systèmes, à l'exception du système des péages économiques, ont été étudiés pour l'ensemble des sections routières entrant dans le champ d'application de l'étude.

- Voie navigable

Seul le système du coût total a été étudié pour l'ensemble des sections. L'application des systèmes des coûts marginaux sociaux et de l'équilibre budgétaire a été limitée aux deux sections de la Basse-Seine. Des précisions à ce sujet sont données dans le paragraphe 41.21.

L'application du système des péages économiques s'est heurtée à de sérieuses difficultés notamment quant à la fixation de contraintes de saturation. Ce système a été étudié de façon partielle dans le cas de la route et de la voie navigable. Par contre, Il n'a pas du tout été étudié dans le cas du chemin de fer, aucun phénomène de saturation ne se produisant sur les lignes considérées.

40.3 - Distinction entre catégories de circulation

Pour l'imputation des coûts d'infrastructure aux différentes catégories de circulation on s'est efforcé, dans tous les cas où cela s'est avéré possible, de respecter les distinctions suivantes:

- Chemin de fer

Trains de voyageurs rapides et express (RE)

Trains de voyageurs omnibus

Trains de messageries directs (RA)

Autres trains de marchandises (RO).

- Route

Véhicules légers (véhicules de tourisme et camionnettes avec ou sans remorque de charge utile inférieure à 1,5 tonne)

Véhicules lourds de charge utile comprise entre 1,5 et 5 tonnes

Poids lourds de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes

Poids lourds de charge utile supérieure à 10 tonnes.

- Voie navigable

Convois poussés

Automoteurs de Seine

Caboteurs

Automoteurs de canal.

Toutefois, pour le calcul de certains éléments de coût, on a dû, soit pour des raisons d'opportunité, soit à cause des difficultés rencontrées dans la détermination de coefficients d'équivalence entre catégories de circulation, procéder à certains regroupements de ces catégories. Ainsi, pour la répartition des coûts de capacité des infrastructures ferroviaires dans le système du coût total, on a jugé suffisant de considérer une seule catégorie de trains de marchandises; en effet, le caractère prioritaire des trains de messageries directs par rapport aux autres trains de marchandises sur la ligne Paris - Le Havre, n'est pas nettement établi.

De même, dans le cas de la navigation intérieure, pour le calcul du coût marginal de congestion dans le système des coûts marginaux sociaux, on a regroupé dans une même catégorie les automoteurs de Seine et les caboteurs, étant donné que leurs caractéristiques techniques sont assez comparables.

En ce qui concerne la route, les calculs de coûts d'exploitation des véhicules ont été effectués pour quelques types de poids lourds assez représentatifs du parc, à savoir: 1,5 t, 5 t, 10 t et 22 t de charge utile. Les coûts d'exploitation des trois catégories de véhicules lourds ci-dessus ont été obtenus à partir de ceux de ces quatre types de véhicules. Les calculs de coût marginal d'usage ont été effectués, d'une part, pour les trois catégories de véhicules lourds retenues et, d'autre part, pour une gamme de véhicules appartenant à chaque silhouette.

Pour le calcul du coût marginal de congestion dans le système des coûts marginaux sociaux, on a utilisé les résultats récents de mesures expérimentales effectuées depuis deux ans, et on a été à même de différencier les coûts selon les trois catégories de véhicules lourds. Par contre, pour le calcul du coût marginal d'accident dans le même système, on a dû se limiter à une distinction entre véhicules légers et poids lourds, les statistiques d'accidents disponibles étant basées sur cette seule différenciation. De même, pour la répartition des coûts de capacité

dans le système du coût total, on s'est borné à cette dernière distinction, étant donné que les calculs ont été effectués à partir d'ajustements linéaires sur les vitesses moyennes des véhicules légers et des poids lourds établis à partir d'études néerlandaises.

40.4 - Rassemblement des données de coûts

40.40 - Données "infrastructure"

L'ensemble des calculs nécessités par l'étude des différents systèmes ont été effectués, en collaboration avec les services de la Commission, par les services d'études du ministère français de l'équipement et, pour le chemin de fer, en partie par les services d'études de la S.N.C.F.

- Système du coût total

Les données de base pour le calcul des coûts ont été recueillies auprès des services administratifs des arrondissements territoriaux des trois modes de transport. La coordination de ces travaux et les ajustements nécessaires ont été effectués à l'échelon central. Les méthodes utilisées sont plus largement exposées dans le chapitre 44.

La distinction entre infrastructures de rase campagne et infrastructures à l'intérieur des agglomérations a soulevé des problèmes particulièrement importants. Le rassemblement des données de base s'est révélé extrêmement difficile notamment pour les infrastructures routières urbaines. On a donc suivi une démarche nuancée, qui est la suivante. Pour les agglomérations de moins de 20.000 habitants, on a procédé comme pour la rase campagne, c'est-à-dire qu'un recensement exhaustif des voies qui assurent la continuité d'un itinéraire a été effectué. Quant aux agglomérations de plus de 20.000 habitants, on a procédé à une évaluation forfaitaire, sur la base de coûts standards, des coûts relatifs aux voies

artérielles, c'est-à-dire des voies dont la circulation n'a pas un caractère strictement local. Le recours à cette dernière solution a été imposée par le fait que les comptabilités des administrations locales qui gèrent la plupart de ces voies ne permettaient pas de disposer de données aussi précises qu'il eût été souhaitable pour mener à bien les calculs de coûts élémentaires.

L'étude pilote n'ayant pas pour objectif l'étude des phénomènes strictement urbains, les réseaux de desserte locale n'ont pas été recensés.

- Système des coûts marginaux sociaux

Certains éléments nécessaires au calcul du coût marginal d'usage des infrastructures des trois modes de transport ont été déterminés par des experts spécialisés réunis sur l'initiative de la Commission. Les calculs complets ont été effectués par les services de l'administration française.

- Système de l'équilibre budgétaire

Pour l'application de la variante avec emprunt de ce système, il a été nécessaire de rassembler des données sur les investissements (constructions nouvelles et renouvellements) effectués au cours des vingt-cinq dernières années. On a pu disposer, pour le chemin de fer et la voie navigable, des données relatives aux investissements réellement effectués sur l'axe au cours de cette période. En ce qui concerne la route, en revanche, seules étaient connues les données relatives aux investissements réalisés dans la France entière. Leur examen a permis de dégager une loi de croissance des investissements réalisés sur l'axe. Connaissant par ailleurs le montant des investissements effectués sur l'axe en 1965, il a été possible de déterminer la charge financière afférente aux investissements réalisés antérieurement à cette année.

40.41 - Autres données

Les données de coûts autres que celles relatives à l'infrastructure, dont on a eu besoin pour la détermination du coût marginal de congestion et du coût marginal d'accident, ont été rassemblées par les services d'études précités, qui ont également effectué les calculs correspondants, en collaboration avec la S.N.C.F. pour le chemin de fer. Le calcul du coût marginal de congestion des voies navigables a nécessité l'exécution, par ces mêmes services, d'une étude de simulation des conditions de franchissement des écluses.

40.5 - Rassemblement des données sur le trafic

40.50 - Chemin de fer

Les statistiques disponibles concernant le trafic par chemin de fer étaient les suivantes:

- nombre annuel de trains-kilomètres par catégories de trains et par sections;
- nombre annuel de tonnes-kilomètres brutes remorquées (tkbr) par catégories de trains et par sections;
- nombre annuel de wagons triés dans les triages de Sotteville et du Havre-Soquence (respectivement 810.000 et 420.000).

Pour le calcul du coût marginal de congestion dans le système des coûts marginaux sociaux ainsi que pour la répartition des coûts de capacité dans le système du coût total, on s'est référé au diagramme de circulation des trains pour une journée moyenne sur chacune des sections intéressées par ces méthodes.

Les données relatives au trafic par chemin de fer sont reproduites dans le tableau de la page suivante.

Données sur le trafic par chemin de fer											
Sections	Nombre annuel de trains-km (en milliers)					Nombre annuel de tkbr (en millions)					
	Trains de voyageurs		Trains de marchandises		Total	Trains de voyageurs		Trains de marchandises		Total	
	Rapides	Omnibus	Messa- geries	Ordinaires		Rapides	Omnibus	Messa- geries	Ordinaires		
Achères - Mantes (1)	450	690	180	580	1.900	180	190	90	610	1.070	
Mantes - Sotteville	560	380	280	900	2.120	260	50	150	1.080	1.540	
Sotteville - Le Havre	410	730	290	610	2.040	180	90	150	570	990	
Bréauté - Gravenchon (2)	-	3	-	60	63	-	0,3	-	36	36,3	
Elbeuf - Oissel	14	96	13	45	168	2	7	4	33	46	

(1) Y compris le trafic de banlieue.

(2) Trafic de trains de voyageurs omnibus entre Bréauté et Bolbec (6 km).

40.51 - Route

Les données disponibles concernant le trafic routier résultaient :

- d'un recensement effectué en 1955 sur le réseau des routes nationales par le service des études et recherches sur la circulation routière (S.E.R.C.) ;
- d'une campagne de pesée d'essieux effectuée en France par le même service tout au long de l'année 1965, à partir des résultats de laquelle on a pu établir notamment les correspondances entre catégories de poids total en charge et catégories de charge utile.

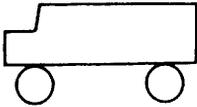
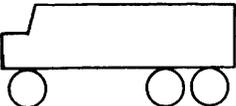
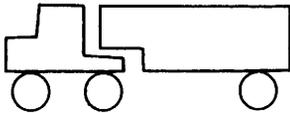
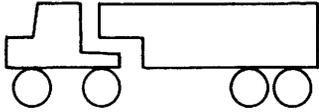
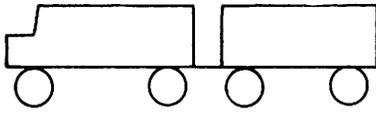
A partir de ces deux séries de résultats ainsi qu'à l'aide des résultats d'enquêtes menées auprès des exploitants routiers par le Bureau d'analyse des prix de revient des services d'études du ministère français des transports, il a été possible de répartir les poids lourds recensés, en fonction des trois catégories de charge utile définies dans la section 40.3 (C.U. 5 T, 5 T C.U. 10 T, C.U. 10 T), entre les silhouettes 1, 2, 3, 4 et 7 reproduites dans le tableau de la page 258. La composition du trafic ainsi obtenue est reproduite dans le tableau de la page 259. Il a été également possible de déterminer le pourcentage que représente chaque silhouette dans chacune des trois catégories de charge utile susvisées. Ces pourcentages sont indiqués dans le tableau de la page 260.

Il convient cependant de souligner que la répartition du trafic entre véhicules légers et véhicules lourds et, à l'intérieur de ces derniers, entre les trois catégories de charge utile retenues a été effectuée à partir d'enquêtes menées sur l'ensemble du parc de véhicules français. Faute de données plus détaillées, on a admis l'hypothèse que les résultats de ces enquêtes pouvaient s'appliquer tels quels à la circulation sur l'axe Paris-Le Havre.

Enfin, le calcul de certains éléments de coût a impliqué la connaissance de la composition du trafic sur chacune des sections recensées. Or, les sections sur lesquelles portait le recensement du S.E.R.C. ne cadraient pas exactement avec le découpage retenu pour l'étude pilote. Certains ajustements ont donc été nécessaires pour établir les données de trafic relatives aux différentes sections routières de cette étude.

Les données relatives au trafic routier par sections et par catégories de véhicules sont reproduites dans les tableaux des pages 261 et 262.

SILHOUETTES DES VEHICULES

<u>Silhouettes</u>		<u>Type de véhicules</u>
	Véhicule isolé à 2 essieux	1
	Véhicule isolé à 3 essieux	2
	Véhicule à 2 essieux tractant une semi-remorque à 1 essieu	3
	Véhicule à 2 essieux tractant une semi-remorque à 2 essieux	4
	Véhicule à 2 essieux tractant une remorque à 2 essieux	7

Composition du trafic routier sur l'axe Paris - Le Havre

Recensement 1965 du S.E.R.C.	Catégories de recensement	Types de véhicules	Catégories de charge utile en %	Décomposition par silhouette en %
Véhicules pour le transport de personnes (9 places maximum)	d	VL	Véhicule léger	Véhicule léger
Camionnettes avec ou sans remorques (C.U. < 1,5 t)	e	VL	Véhicule léger	Véhicule léger
Camions légers et moyens C.U. < 5 t	f	PL	C.U. < 5 tonnes	Silhouette 1 100 %
Camions lourds C.U. > 5 t	g ₁	PL	41,30 % 5 t < C.U. < 10 t 58,70 % C.U. > 10 t	Silhouette 1 96 % Silhouette 2 4 % Silhouette 1 96 % Silhouette 2 4 %
Camions lourds + remorque C.U. > 5 t	g ₂	PL	10 % 5 t < C.U. < 10 t 90 % C.U. > 10 t	Silhouette 7 100 %
Tracteurs avec semi-remorque C.U. > 5 t	g ₃	PL	15 % 5 t < C.U. < 10 t 85 % C.U. > 10 t	Silhouette 3 47 % Silhouette 4 53 % Silhouette 3 47 % Silhouette 4 53 %
Transports exceptionnels	h ₁	PL	C.U. > 10 tonnes	Silhouette 7 100 %
Engins spéciaux	h ₂	PL	C.U. < 5 tonnes	Silhouette 1 100 %
Tracteurs agricoles	i	PL	C.U. < 5 tonnes	Silhouette 1 100 %
Véhicules de transport en commun	j	PL	C.U. < 5 tonnes	Silhouette 1 100 %

Tableau de correspondance charge utile - silhouette

Charge utile	C.U. < 5 tonnes	5 tonnes < C.U. < 10 tonnes	C.U. > 10 tonnes
Silhouettes			
Silhouette 1	100 %	82 %	48 %
Silhouette 2		1 %	3 %
Silhouette 3		12 %	15,5 %
Silhouette 4		2 %	22,5 %
Silhouette 7		3 %	11 %

On considère que tous les véhicules lourds de charge utile inférieure à 5 tonnes sont de silhouette 1. Cette assimilation n'a aucune influence sur le calcul des coûts marginaux d'usage.

Données sur le trafic par route, par sections
Département de l'EURE

Sections	Nombre annuel de véhicules				Trafic total	Trafic journalier moyen
	Véhicules légers	Poids lourds C.U. < 5 tonnes	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes	Poids lourds 10 tonnes < C.U.		
1	2.675.450	86.140	83.585	169.725	3.014.900	8.260
3	1.875.735	62.415	81.030	173.010	2.192.190	6.006
4	1.875.735	62.415	81.030	173.010	2.192.190	6.006
5	1.875.735	62.415	81.030	173.010	2.192.190	6.006
6	481.070	16.060	17.155	41.245	555.560	1.522
7	286.890	16.060	9.855	18.980	331.785	909
8	292.730	21.535	9.855	27.010	351.130	962
9	292.730	21.535	9.855	27.010	351.130	962
14	1.052.660	58.035	30.295	69.715	1.210.705	3.317
15	253.675	10.220	9.125	18.615	291.635	799
16	369.015	28.470	12.775	24.820	435.080	1.192
17	1.052.660	58.035	30.295	69.715	1.210.705	3.317
18	1.052.660	58.035	30.295	69.715	1.210.705	3.317
19	990.610	35.405	93.075	216.080	1.335.170	3.658
20	1.154.495	55.115	31.025	69.350	1.309.985	3.589
21	1.863.690	56.210	91.615	243.090	2.254.605	6.177
22	677.075	22.630	37.230	77.380	814.315	2.231
23	182.500	9.855	5.840	12.775	210.970	578
24	698.245	37.230	30.295	65.700	831.470	2.278
25	1.205.960	35.770	63.510	144.905	1.450.145	3.973
26	1.059.595	28.835	58.035	134.685	1.281.150	3.510
27	1.073.830	47.450	53.655	123.005	1.297.940	3.556
28	527.060	17.520	15.530	29.930	590.040	1.616

Données sur le trafic par route, par sections
Département de la SEINE-ET-OISE

Sections	Nombre annuel de véhicules				Trafic total	Trafic journalier moyen
	Véhicules légers	Poids lourds C.U. < 5 tonnes	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes	Poids lourds 10 tonnes < C.U.		
1	647.145	42.705	28.835	48.910	767.595	2.103
2	3.528.820	118.625	147.825	320.105	4.115.375	11.275
3	1.766.600	71.905	104.390	232.870	2.175.765	5.961
4	1.396.490	135.780	66.795	141.255	1.740.320	4.768
5	1.958.225	88.695	25.185	313.535	2.385.640	6.536
6	554.435	25.185	16.425	33.945	629.990	1.726

Département de la SEINE-MARITIME

1	1.946.910	78.840	102.930	241.995	2.370.675	6.495
2	1.603.080	65.335	93.805	208.415	1.970.635	5.399
3	731.095	32.120	54.750	156.585	974.550	2.670
4	619.770	31.025	26.280	75.190	752.265	2.061
5	518.300	27.375	10.220	43.435	599.330	1.642
6	347.115	19.345	25.185	60.225	451.870	1.238
7	300.030	16.060	14.965	30.295	361.350	990
8	1.083.685	50.370	42.340	109.500	1.285.985	3.523
9	1.567.310	57.670	92.345	228.855	1.946.180	5.332
10	2.668.515	89.060	113.150	367.555	3.238.280	8.872
11	1.505.625	75.190	36.135	76.285	1.693.235	4.639
12	979.295	39.055	36.500	94.170	1.149.020	3.148
13	516.110	32.850	15.330	34.675	598.965	1.641

40.52 -- Voie navigable

Les données disponibles concernant le trafic des voies navigables étaient les suivantes:

- nombre d'éclusées à chacune des écluses des différents groupes recensés;
- nombre total de bateaux passés à chaque groupe d'écluses;
- répartition des bateaux éclusés par grandes catégories de bateaux (convois poussés, automoteurs de Seine, automoteurs de canal, caboteurs et autres bateaux) obtenue à l'occasion d'un sondage de 14 jours étalés sur les mois de novembre et décembre 1966;
- résultats d'une étude de simulation effectuée au groupe d'écluses de Carrières, qui a permis entre autres d'obtenir la composition type de chaque éclusée.

On a admis que les résultats du sondage effectué sur 14 jours étaient représentatifs quant à la composition moyenne du trafic sur toute l'année. D'une part, le trafic sur la Seine et les canaux annexes n'a pas varié de 1965 à 1966 (4.765 millions de tonnes-kilomètres); d'autre part, en 1966, le trafic global intérieur français en novembre et décembre représentait en volume, à 5 % près, le niveau moyen mensuel sur toute l'année.

Les tableaux des trois pages suivantes indiquent respectivement:

- le nombre annuel d'éclusées à chacune des écluses des différents groupes ainsi que le nombre total de bateaux passés à chaque écluse;
- la répartition, par catégories, des bateaux passés dans l'année à chaque écluse;
- la composition moyenne d'une éclusée pour les différentes écluses.

Données sur le trafic par voie navigable

Ecluses	Nombre annuel d'éclusées	Nombre annuel de bateaux	
		par écluse	par groupe d'écluses
Andrésey 160 m x 12 m	11.740	48.256	48.256
Carrières 41,60 m x 8,20 m	17.320	17.320	
141 m x 12 m	7.460	32.533	49.853
Méricourt 141 m x 12 m	6.550	19.723	
160 m x 12 m	8.640	27.613	
160 m x 17 m	9.850	31.556	78.892
Notre-Dame-de-la-Garenne 41,60 m x 8,20 m	8.540	8.540	
141 m x 12 m	7.360	27.577	
160 m x 12 m	9.600	31.098	67.215
Amfreville 141 m x 12 m	6.180	18.625	
220 m x 17 m	6.120	22.764	41.389
Tancarville 220 m x 17 m	6.120	22.764	22.764
			308.369

Données sur le trafic par voie navigable									
Nombre annuel de bateaux									
E c l u s e s				Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal	T o t a l	
Andrésy	160	m x 12	m	4.825	7.238	1.448	34.745	48.256	
Carrières	41,60	m x 8,20	m	-	2.771	520	14.029	17.320	
	141	m x 12	m	650	4.880	976	26.027	32.533	
Méricourt	141	m x 12	m	789	2.958	1.184	14.792	19.723	
	160	m x 12	m	2.761	4.142	829	19.881	27.613	
	160	m x 17	m	3.156	4.733	947	22.720	31.556	
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60	m x 8,20	m	-	1.366	256	6.918	8.540	
	141	m x 12	m	551	4.136	828	22.062	27.577	
	160	m x 12	m	622	4.665	933	24.878	31.098	
Amfreville	141	m x 12	m	745	2.794	1.118	13.968	18.625	
	220	m x 17	m	455	3.415	683	18.211	22.764	
Tancarville	220	m x 17	m	455	3.415	683	18.211	22.764	
								308.369	

Données sur le trafic par voie navigable							
Composition moyenne d'une écluse							
Ecluses				Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal
Andrésy	160	m x 12	m	0,41	0,62	0,12	2,96
Carrières	41,60	m x 8,20	m	-	0,16	0,03	0,81
	141	m x 12	m	0,09	0,65	0,13	3,49
Méricourt	141	m x 12	m	0,12	0,45	0,18	2,26
	160	m x 12	m	0,32	0,48	0,10	2,30
	160	m x 17	m	0,32	0,48	0,10	2,31
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60	m x 8,20	m	-	0,16	0,03	0,81
	141	m x 12	m	0,07	0,56	0,11	3,00
	160	m x 12	m	0,06	0,49	0,10	2,59
Amfreville	141	m x 12	m	0,12	0,45	0,18	2,26
	220	m x 17	m	0,37	0,56	0,13	3,17
Tancarville	220	m x 17	m	0,37	0,56	0,13	3,17

CHAPITRE 41

SYSTEME DES COUTS MARGINAUX SOCIAUX

41.0 - Chemin de fer

41.00 - Coût marginal d'usage

La détermination du coût marginal d'usage du chemin de fer a été effectuée selon les principes exposés dans le chapitre 20, paragraphe 20.12. On en rappelle ci-dessous les principales conclusions et résultats.

Pour les lignes du type de celles étudiées dans l'étude pilote, le calcul du coût marginal d'usage de l'infrastructure fait intervenir seulement :

- les charges de renouvellement des voies principales (rails, traverses et ballast) ;
- les charges de renouvellement des fils de contact des caténaires.

Il est rappelé que le rythme de renouvellement de ces installations est uniquement fonction respectivement du trafic total (exprimé en tkbc) et du trafic assuré en traction électrique (exprimé lui aussi en tkbc).

Les données statistiques concernant le trafic total exprimé en tkbc n'étant pas disponibles, les calculs ont été effectués sur la base des tkbr reprises dans le tableau de la page 255.

Pour la ligne Achères - Le Havre, la charge de renouvellement d'un kilomètre de voie principale, compte tenu de la proportion moyenne d'appareils de voie, ressortit respectivement à :

387.000 F pour la pose en barres longues
et 364.000 F pour les autres types de pose.

Pour les lignes Bréauté-Gravenchon et Elbeuf-Oissel, elle est de 364.000 F par kilomètre de voie principale.

La charge de renouvellement des fils de contact des caténaires de la seule ligne électrifiée Achères-Le Havre est de 8.800 F au kilomètre.

On a considéré que le trafic total entre deux renouvellements était

a) pour le renouvellement des voies principales de :

- 240 millions de tkbr par km de voie pour la pose en barres longues,
- 215 millions de tkbr par km de voie pour les autres types de pose ;

b) pour le renouvellement des fils de contact des caténaires de :

- 610 millions de tkbr par km de voie.

Le coût marginal moyen d'usage de l'infrastructure a été déterminé, dans l'hypothèse d'une croissance annuelle du trafic de 2 %, à l'aide de la formule ci-après (voir également annexe IV.1) :

$$C_m = \frac{D}{q} \cdot \frac{j \cdot T'}{1 - e^{-jT'}} \cdot \frac{j - k}{e^{jT'} - e^{kT'}}$$

où D : dépense relative à l'opération de renouvellement

q : trafic annuel de base (en millions de tkbr)

T' : délai entre deux renouvellements successifs à trafic croissant

j : $\text{Log}(1 + r)$; r taux d'intérêt = 0,07

k : $\text{Log}(1 + \alpha)$; α taux de croissance du trafic = 0,02

e : base des logarithmes népériens.

.../...

Le coût marginal moyen s'établit pour 1.000 tkbr à 1,451 F pour la ligne Achères-Le Havre, à 0,674 F pour la ligne Bréauté-Gravenchon et à 0,893 F pour la ligne Elbeuf-Oissel.

Les montants annuels des coûts marginaux d'usage par sections (produit du trafic annuel par le coût marginal d'usage par unité) ainsi que les coûts marginaux unitaires au train-km par catégories de trains et par sections sont repris dans les tableaux des pages 273 et 274.

41.01 - Coût marginal de congestion

Le coût marginal de congestion a été déterminé selon les principes définis dans le chapitre 20, paragraphe 20.21 et les méthodes de l'annexe IV.2.

Ainsi qu'il est précisé dans ce paragraphe, les seuls éléments qui interviennent dans le coût marginal de congestion sont, si l'on fait abstraction du coût de l'immobilisation des marchandises transportées, des coûts de décalage et de garage, ces derniers comprenant les coûts de ralentissement.

Pour les catégories de trains suivantes :

- voyageurs omnibus,
- marchandises R.A.,
- marchandises R.O. directs (1)

le coût de la minute-train consécutive à un décalage ou à un garage entre Mantes et Le Havre a été établi en tenant compte des conditions économiques et des résultats des calculs de prix de revient du matériel relatifs à l'année 1965.

(1) Trains du régime ordinaire circulant entre deux triages et n'assurant pas la desserte des gares intermédiaires. Les trains de desserte de ces gares n'ont pas été pris en considération.

Les charges retenues comprennent :

a) Pour le décalage des trains :

- les charges d'entretien du matériel remorqué immobilisé qui sont fonction du temps,
- les charges d'intérêt et d'amortissement du matériel remorqué immobilisé.

b) Pour le garage des trains :

- les charges relatives à l'immobilisation du matériel remorqué (comme indiqué sous a),
- les charges de personnel d'accompagnement ou de contrôle des trains,
- les charges de personnel de conduite,
- les charges d'intérêt et d'amortissement du matériel de traction.

Les conditions d'exploitation de la ligne Paris-Le Havre sont telles que le problème de l'évaluation des coûts relatifs aux pertes de temps subis par les voyageurs, qui devraient être inclus dans les coûts de décalage et de garage, ne se pose pas.

Les coûts à la minute-train par catégories de trains ressortissent, en centimes par minute-train, aux valeurs suivantes :

	Mantes-Sotteville		Sotteville-Le Havre	
	sens impair	sens pair	sens impair	sens pair
<u>I. Décalage des trains</u>				
- Voyageurs omnibus	64,9	64,9	64,9	64,9
- Marchandises R.A.	16,5	17,8	14,7	17,8
- Marchandises R.O.	32,2	36,4	27,2	34,6
<u>II. Garage des trains</u>				
- Voyageurs omnibus	152,1	152,1	152,1	152,1
- Marchandises R.A.	104,7	106,0	102,9	106,0
- Marchandises R.O.	120,4	124,6	115,4	122,8

Il n'a pas été effectué de calcul de coût marginal de congestion pour la section Achères-Mantes de la ligne Paris-Le Havre. L'évaluation de ce coût se révèle en effet particulièrement délicate en raison de l'existence d'un service relativement dense de trains de banlieue. L'introduction de trains marginaux conduirait, dans d'assez nombreuses tranches horaires, à décaler certains de ces trains, mais les coûts de décalage correspondants ne peuvent pas, en l'état actuel des informations, être appréhendés de façon réaliste. Ces coûts s'apparenteraient d'ailleurs beaucoup plus à un coût marginal de congestion en milieu urbain et suburbain qui n'a pas été étudié sur l'axe Paris-Le Havre.

Il convient de noter par ailleurs que l'existence des deux itinéraires reliant Mantes à Paris (l'un par la rive gauche de la Seine, l'autre par la rive droite) conduirait à étudier les coûts marginaux de congestion sur l'ensemble des deux itinéraires en distinguant toutefois deux types de trains marginaux selon qu'ils devraient emprunter obligatoirement ou non l'un des deux itinéraires.

Il n'a pas été procédé non plus à un calcul de coût marginal de congestion sur les sections Elbeuf-Oissel et Bréauté-Gravenchon. Le trafic de ces lignes étant relativement peu important, on a admis l'hypothèse que le coût marginal de congestion y était nul.

Les résultats du calcul du coût marginal de congestion sont reproduits dans le tableau de la page 273.

Le coût marginal de congestion de l'axe Paris-Le Havre est faible, compte tenu du niveau de trafic et des règles de priorité qui déterminent les circulations qu'il faut décaler (ou garer) pour introduire les circulations supplémentaires. Ces règles conduisent à ne décaler ou garer que des trains d'un rang inférieur au train supplémentaire. Il n'en serait pas de même si les règles de priorité étaient différentes.

.../...

Par ailleurs, si le trafic augmentait de façon à atteindre, pour un nombre de périodes élémentaires croissant, des situations voisines de la saturation, ce coût croîtrait sans qu'on ait pu, dans le cadre de l'étude pilote, dégager une loi de variation.

En outre, l'examen des résultats montre que les coûts marginaux de congestion des diverses catégories de circulation ne sont pas dans le même rapport d'une section de ligne à l'autre. Il n'est pas possible de tirer de la considération de cette situation particulière des conclusions ayant une portée plus générale.

41.02 - Résultats d'ensemble

41.02.0 - Coûts marginaux sociaux unitaires

Les résultats des calculs des coûts marginaux sociaux par train-km pour les sections Mantes-Sotteville et Sotteville-Le Havre et par catégories de trains sont reproduits dans le tableau de la page suivante.

41.02.1 - Montants annuels des coûts marginaux sociaux

Les montants annuels des coûts marginaux sociaux sur les deux sections précitées, sont indiqués dans le tableau de la page 274.

Système des coûts marginaux sociaux - Chemin de fer

Coût marginal social par train-km
par sections et par catégories de trains (en francs)

Sections	Voyageurs R.E.			Voyageurs omnibus			Marchandises R.A.			Marchandises R.O.		
	Coût marginal			Coût marginal			Coût marginal			Coût marginal		
	d'usage	de con-	total	d'usage	de con-	total	d'usage	de con-	total	d'usage	de con-	total
	gestion			gestion		gestion			gestion			
Mantes -	0,674	0,149	0,823	0,191	0,015	0,206	0,777	0,043	0,820	1,741	0,020	1,761
Sothe-												
ville												
Sothe-	0,637	0,040	0,677	0,179	0,044	0,223	0,751	0,018	0,769	1,356	0,063	1,419
ville -												
Le Havre												

41.1 - Route

41.10 - Coût marginal d'usage

La détermination du coût marginal d'usage de la route a été effectuée selon les principes exposés dans le chapitre 20, paragraphe 20.13. Une distinction a été opérée entre les trois catégories de coûts suivantes relatives respectivement

- a) à la police de la circulation ;
- b) à l'entretien courant des chaussées ;
- c) à leur renouvellement périodique.

a) Police de la circulation

Le coût marginal a été obtenu en multipliant par 0,6⁽¹⁾ le coût moyen, qui a été lui-même calculé en divisant la dépense totale hors agglomérations de l'année, soit 530 millions de francs, par le trafic total de l'année sur l'ensemble des routes nationales et départementales en France, qui est de l'ordre de 90×10^9 véhicules-km. Ce trafic a été exprimé en unités d'encombrement sur la base de coefficients d'équivalence et compte tenu de la part que représente chaque catégorie de véhicules dans un échantillon de 1000 véhicules pris au hasard sur les routes.

(1) Le taux de croissance annuel des dépenses de police de la circulation est, tel qu'il ressort du tableau ci-dessous, qui indique les dépenses de police routière hors agglomérations, d'environ 9 % en francs courants, soit 6 % en francs constants en tenant compte d'une hausse annuelle de 3 % des prix. La circulation motorisée croissant dans le même temps d'environ 10 %, ou en déduit que le coût marginal de police est égal à 60 % du coût moyen.

Montant des dépenses de police routière hors agglomérations
(millions de francs)

1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
330	350	370	410	450	470	530

Calcul du nombre d'unités d'encombrement pour 1.000 véhicules ⁽¹⁾

Types de véhicules	Nombre	Coefficient d'équivalence	Nombre d'unités d'encombrement
Voiture particulière	830	1	830
PL C.U. < 5 T	70	2	140
PL 5 T < C.U. < 10 T	40	4	160
PL C.U. > 10 T	60	7	420
T O T A L	1.000	-	1.550

(1) La méthode de calcul utilisée pour la détermination des coefficients d'équivalence est la même que celle utilisée pour la répartition des coûts de capacité dans le système du coût total (voir paragraphe 23.31.2). Si les résultats sont différents c'est qu'il s'agit, dans le cas des dépenses de police, de coefficients calculés pour la répartition des dépenses relatives à l'ensemble des infrastructures routières françaises, ce qui conduit à prendre en considération tous les facteurs caractérisant ces infrastructures et leur trafic, alors que dans l'autre cas, les coefficients s'appliquent à un axe particulier et ne tiennent compte que des caractéristiques de cet axe et de son trafic. En particulier, les premiers tiennent compte de facteurs comme la pente et la visibilité, qui caractérisent surtout les infrastructures situées en site montagneux, alors que les seconds s'appliquent à des infrastructures dont le profil ne présente pas de difficultés sérieuses.

Il est à noter que la détermination des coefficients d'équivalence effectuée dans le cadre de l'étude pilote est basée sur les connaissances actuelles disponibles en matière de circulation. La réalisation de mesures expérimentales plus nombreuses permettra probablement dans l'avenir d'améliorer les résultats.

.../...

Détermination du coût marginal de police de la circulation

Nombre d'unités d'encombrement	$90 \times 10^9 \times \frac{1550}{1000} = 139,5 \times 10^9$
Coût marginal de l'unité d'encombrement	$\frac{6}{10} \times \frac{530 \times 10^6}{139,5 \times 10^9} = 0,0023 \text{ F}$
<u>Coût marginal kilométrique</u>	
Voiture particulière	$0,0023 \times 1 = 0,0023 \text{ F}$
PL C.U. < 5 T	$0,0023 \times 2 = 0,0046 \text{ F}$
PL 5 T < C.U. < 10 T	$0,0023 \times 4 = 0,0092 \text{ F}$
PL C.U. > 10 T	$0,0023 \times 7 = 0,0161 \text{ F}$

b) Entretien courant des chaussées

Ainsi qu'il est indiqué au paragraphe 20.13, la détermination du coût marginal d'entretien courant des chaussées devrait être effectuée en tenant compte du type de construction de la chaussée. On aurait donc dû distinguer les chaussées de type traditionnel et les tapis d'enrobés, qui étaient à peu près les seules techniques existant en 1965 sur l'axe Paris-Le Havre. Etant donné cependant la faiblesse de l'échantillon sur lequel on a effectué l'ajustement statistique, on n'a pas fait de distinction selon les divers types de chaussées. Quant aux coefficients d'équivalence entre catégories de véhicules, ils sont identiques pour les différentes catégories de chaussées étudiées⁽¹⁾.

(1) Les quelques sections en béton ont été assimilées à ces deux types de structure. Par ailleurs, on n'a pas traité séparément le seul tronçon (3 km) existant à l'époque de chaussée semi-rigide, type de construction pour lequel il a été décidé de ne pas calculer de coût marginal d'usage (voir paragraphe 20.13).

Les dépenses d'entretien courant des chaussées ont été fournies pour les six années 1960 à 1965 pour chacune des sections de route incluses dans l'étude. Mais alors que le département de l'Eure a inclus dans ses dépenses le montant des frais de personnel payés sur les chapitres budgétaires d'entretien, il n'en a pas été de même pour les départements de Seine-et-Oise et de Seine-Maritime qui ne disposaient pas de comptabilité analytique susceptible de leur fournir les renseignements nécessaires à cet égard. Il a donc été effectué deux analyses séparées, l'une pour le département de l'Eure, l'autre pour les départements de Seine-et-Oise et de Seine-Maritime. Pour chacun de ces deux groupes, on a relié les dépenses annuelles au kilomètre D au trafic annuel total T exprimé en véhicules-km réels selon la relation

$$D = a + b T$$

où a est l'élément constant des coûts indépendants du trafic et b le coût marginal par véhicule-km.

Les corrélations correspondantes ont pu être calculées sur 16 sections dans le groupe Seine-Maritime/Seine-et-Oise et sur 17 sections pour l'Eure. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

:	:	Seine-Maritime	:	Eure	:
:	:	et Seine-et-Oise	:		:
:	:	Coefficient de corrélation			:
:	:	0,85	:	0,94	:
:	:		:		:
:	:		:		:
:	:		:		:

L'inclusion pour le département de l'Eure dans les dépenses recensées des frais de personnel directs a conduit à préférer le résultat issu des réponses de ce département, qui reflète mieux la réalité.

Le coefficient b a pour valeur 0,00032 F/véhicule-km. Comme il s'agit d'un coefficient applicable à un véhicule moyen, il convient de le différencier selon l'équivalence, déterminée dans le tableau ci-après, des différents véhicules vis-à-vis de la résistance de la chaussée. On calcule ensuite le nombre d'essieux équivalents de 13 tonnes contenus dans 1.000 véhicules pris au hasard sur les routes (ce nombre est de 154) et on obtient le coût marginal d'entretien courant par kilomètre de l'essieu de 13 tonnes. Ce coût est égal à 0,0021 F.

Nombre d'essieux équivalents contenus dans un véhicule ⁽¹⁾			
Véhicule léger		0	
Camion de charge utile < 5 T		0,01	
Véhicule de charge utile supérieure à 5 T, de poids total en charge P			4
Silhouette 1	1,04	$\left[\frac{P}{19} \right]$	4
Silhouette 2	1,28	$\left[\frac{P}{26} \right]$	4
Silhouette 3	2,04	$\left[\frac{P}{32} \right]$	4
Silhouette 4	1,22	$\left[\frac{P}{35} \right]$	4
Silhouette 7	1,32	$\left[\frac{P}{35} \right]$	4

(1) Ces calculs sont effectués à partir des valeurs réelles des poids des essieux des véhicules et non à partir de leurs valeurs nominales.

Exemples de calcul du nombre d'essieux équivalents contenus dans les véhicules de base:

Soit un camion de silhouette 1 et de poids total en charge de 19 tonnes. Les deux essieux sont chargés le premier à 6 tonnes, le second à 13 tonnes.

A ce camion correspond un nombre d'essieux équivalents de

$$\left(\frac{6}{13} \right)^4 + \left(\frac{13}{13} \right)^4 = 1,04.$$

S'il s'agit d'un ensemble de silhouette 4, l'essieu avant du tracteur est chargé à 6 tonnes, l'essieu arrière à 11 tonnes et l'essieu tandem de la semi-remorque à 18 tonnes. L'essieu tandem est pris égal à deux essieux simples de poids 0,55 x 18 tonnes chacun. Il correspond donc à deux essieux simples de 9,9 tonnes.

Le nombre d'essieux équivalents de cet ensemble est donc égal à:

$$\left(\frac{6}{13} \right)^4 + \left(\frac{11}{13} \right)^4 + \left(\frac{9,9}{13} \right)^4 + \left(\frac{9,9}{13} \right)^4 = 1,22.$$

On peut considérer en conséquence que les véhicules légers et les camions de charge utile inférieure à 3 tonnes correspondent à 0 essieu équivalent de 13 tonnes et que leur coût marginal d'entretien courant de la chaussée est insignifiant.

Le coût marginal des autres catégories de véhicules n'est pas nul. Il convient de déterminer un coût marginal moyen pour les deux catégories de véhicules précédemment définies, à savoir : véhicules dont la charge utile est comprise entre 5 et 10 tonnes et véhicules dont la charge utile est supérieure à 10 tonnes.

Ce calcul a été effectué à partir des statistiques silhouettes - poids totaux en charge et du tableau précédent donnant le nombre d'essieux équivalents des véhicules de charge utile supérieure à 5 tonnes appartenant aux silhouettes 1, 2, 3, 4 et 7.

Pour obtenir le coût marginal moyen d'un véhicule de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes, et supérieure à 10 tonnes, il a été procédé de la façon suivante :

- Calcul du nombre d'essieux équivalents de véhicules de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes et supérieure à 10 tonnes et appartenant aux silhouettes 1, 2, 3, 4 et 7⁽¹⁾

Le mode de calcul utilisé peut être illustré à l'aide de l'exemple des camions de silhouette 1 de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes. Pour ces camions, qui s'inscrivent dans la tranche de poids total en charge de 8 à 19 tonnes, on est parti de la répartition ci-dessous relative aux poids totaux en charge (PTC) :

27 % de PTC compris entre 8 et 12 tonnes (moyenne 10 tonnes)
22 % de PTC compris entre 12 et 14 tonnes (moyenne 13 tonnes)
25 % de PTC compris entre 14 et 16 tonnes (moyenne 15 tonnes)
26 % de PTC compris entre 16 et 19 tonnes (moyenne 17 tonnes).

(1) Le mode de calcul adopté repose sur l'hypothèse que la charge de l'essieu avant varie proportionnellement au poids total.

On a déterminé pour chacune de ces catégories de PTC les nombres d'essieux équivalents (Eq) à partir des formules précédentes et on obtient les valeurs respectives suivantes: 0,079 Eq, 0,227 Eq, 0,403 Eq et 0,837 Eq. En pondérant chacune de ces valeurs par les pourcentages de chacune des catégories de PTC, on obtient le nombre d'essieux équivalents d'un camion de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes et de silhouette 1, soit:

$$27 \times 0,079 \text{ Eq} + 0,22 \times 0,227 \text{ Eq} + 0,25 \times 0,403 \text{ Eq} + 0,26 \times 0,837 \text{ Eq} = 0,390 \text{ Eq.}$$

Par un calcul analogue, on arrive aux résultats suivants pour les autres silhouettes de la catégorie de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes et pour les véhicules de charge utile supérieure à 10 tonnes:

Silhouette	5 T < C.U. < 10 T	C.U. > 10 T
1	0,390 Eq	1,378 Eq
2	0,058 Eq	2,260 Eq
3	0,202 Eq	2,405 Eq
4	0,068 Eq	1,135 Eq
7	0,065 Eq	1,367 Eq

- Calcul du coût marginal d'entretien courant de la chaussée par silhouettes et par catégories de charge utile

Pour obtenir ce coût marginal d'usage, on multiplie chacun des résultats du tableau précédent par le coût marginal de l'essieu de 13 tonnes. On arrive ainsi aux résultats suivants en F par véhicule-km pour les différentes silhouettes et catégories de charge utile:

Silhouette	5 T < C.U. < 10 T	C.U. > 10 T
1	0,0008	0,0029
2	0,0001	0,0048
3	0,0004	0,0051
4	0,0001	0,0082
7	0,0001	0,0029

- Calcul du coût marginal moyen d'entretien courant de la chaussée par catégories de charge utile -

Le coût marginal moyen a été obtenu en pondérant chacun des résultats précédents par silhouette par les pourcentages que représente chaque silhouette dans les deux catégories de charge utile et qui figurent dans le tableau de correspondance charge utile - silhouette (voir page 260). On arrive aux résultats suivants en F par véhicule-km :

0,0007 pour les véhicules de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes,

0,0032 pour les véhicules de charge utile supérieure à 10 tonnes.

é) Renouvellement périodique

Le coût marginal de renouvellement des chaussées pour l'essieu de 13 tonnes a été déterminé selon les principes généraux indiqués au paragraphe 20.11 et selon la méthode exposée dans l'annexe II. 1.

L'application des formules de l'annexe II. 1 nécessite la connaissance de $q(u)$, $r(u)$, $f(u)$ et $g(u)$.

$q(u)$ et $r(u)$ sont les trafics totaux de l'année u respectivement sur les routes de type traditionnel et sur les routes revêtues d'un tapis d'enrobés épais. Ils sont aisés à déterminer à partir de la connaissance des trafics de l'année 1965 et de la loi d'évolution des trafics dans le temps.

$f(u)$ et $g(u)$ sont les dépenses de renforcement optimales de l'année u ; elles ont pu être estimées en supposant que le renforcement de l'année u (passée) devait être refait l'année $u + 10$ (future). Cette dernière année est fixée à l'aide des résultats des mesures de déflexion. On en déduit l'année u et, compte tenu du trafic de la route entre u et $u + 10$, l'épaisseur qui aurait été souhaitable cette année-là; c'est précisément la fonction $f(u)$ (ou $g(u)$).

A partir de ces données, on a appliqué la formule développée dans l'annexe II. 1.

Le coût marginal de renouvellement de l'essieu de 13 tonnes s'établit à 0,0425 francs.

C'est ce chiffre qui est repris dans les calculs.

La démarche de calcul du coût marginal moyen de renouvellement des chaussées par catégories de charge utile étant identique à celle suivie pour l'entretien courant, il s'ensuit que le coût marginal de renouvellement pour le véhicule léger et pour le véhicule de charge utile inférieure à 3 tonnes est insignifiant. Les coûts marginaux de renouvellement par silhouettes pour les autres catégories de charge utile selon les silhouettes ainsi que les coûts marginaux moyens de renouvellement par catégories de charge utile sont indiqués ci-après:

Silhouette	5 T < C.U. < 10 T	10 T > C.U.
1	0,0167	0,0589
2	0,0025	0,0966
3	0,0086	0,1028
4	0,0029	0,0485
7	0,0028	0,0585
Coût marginal moyen de renouvellement	0,0149	0,0648

Les résultats du calcul du coût marginal d'usage des infrastructures routières par véhicule-km et par catégories de véhicules sont donnés dans le tableau de la page suivante.

Dans l'annexe IV.3, on a procédé à la détermination du coût marginal d'usage annuel sur l'axe. Une récapitulation des résultats est donnée dans les tableaux des pages 296 à 299. Ces résultats comprennent le coût marginal de renouvellement. En vue de la détermination des coûts de capacité dans le système du coût total, il est nécessaire de connaître en outre le montant annuel du coût marginal d'usage à l'exclusion du coût marginal de renouvellement. Les données correspondantes figurent uniquement dans cette annexe.

Etant donné que les coûts correspondant aux divers systèmes de tarification sont déterminés pour quatre catégories de véhicules seulement, on s'est limité à la même distinction pour le calcul du coût marginal d'usage. Il paraît cependant intéressant de montrer la variation de ces coûts en fonction du poids du véhicule. C'est pourquoi, dans le tableau de la page 287, on a indiqué pour une série de véhicules appartenant aux différentes silhouettes et par tranche de poids total en charge, le coût marginal d'usage au véhicule-km. Ce calcul est basé sur les valeurs des divers composants de ce coût qui ont été déterminées ci-dessus.

Système des coûts marginaux sociaux - Route						
Coût marginal d'usage par véhicule-km, par silhouettes						
Coût marginal d'usage moyen par véhicule-km, par types de véhicules (en francs)						
Types de véhicules	Coût marginal de police	Coût marginal d'entretien courant	Coût marginal de renouvellement	Coût marginal total (avec renouvellement)	Coût marginal total (sans renouvellement)	
Véhicule léger	0,0023	-	-	0,0023	0,0023	
Poids lourd de charge utile < 5 tonnes	0,0046	-	-	0,0046	0,0046	
Poids lourd de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes						
silhouette 1	0,0092	0,0008	0,0167	0,0267	0,0100	
2	0,0092	0,0001	0,0025	0,0118	0,0093	
3	0,0092	0,0004	0,0086	0,0182	0,0096	
4	0,0092	0,0001	0,0029	0,0122	0,0093	
7	0,0092	0,0001	0,0028	0,0121	0,0093	
Coût marginal moyen	0,0092	0,0007	0,0149	0,0248	0,0099	
Poids lourd de charge utile > 10 tonnes						
silhouette 1	0,0161	0,0029	0,0589	0,0779	0,0190	
2	0,0161	0,0048	0,0966	0,1175	0,0209	
3	0,0161	0,0051	0,1028	0,1240	0,0212	
4	0,0161	0,0082	0,0485	0,0728	0,0243	
7	0,0161	0,0029	0,0585	0,0775	0,0190	
Coût marginal moyen	0,0161	0,0032	0,0648	0,0841	0,0193	

Système des coûts marginaux sociaux - Route
Calcul du coût marginal d'usage par véhicule-km pour quelques types de véhicules, par silhouette

en centimes

Silhouette	Catégorie de coûts	Poids total en charge (en tonnes)																																		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
1	C _{u1}	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,60	1,60	1,60	1,60																			
	C _{u2}	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,15	0,23	0,36	0,53	0,74	1,02	1,36	1,81	2,33	2,97	3,74	4,64																		
	C _u	0,50	0,50	0,50	0,54	0,58	0,65	1,13	1,26	1,43	1,64	1,92	2,26	2,41	3,93	4,57	5,34	6,24																		
2	C _{u1}													1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60		
	C _{u2}													0,62	0,82	1,04	1,31	1,63	2,00	2,43	2,93	3,50	4,15	4,88	5,71											
	C _u													2,22	2,42	2,64	2,91	3,23	3,60	4,03	4,53	5,10	5,75	6,46	7,31											
3	C _{u1}																		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60		
	C _{u2}																		1,39	1,69	2,04	2,42	2,88	3,39	3,97	4,61	5,33	6,14	7,03	8,02	9,10					
	C _u																		2,99	3,29	3,64	4,02	4,48	4,99	5,57	6,21	6,93	7,74	8,63	9,60	10,70					
4	C _{u1}																									1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	
	C _{u2}																									1,42	1,66	1,93	2,23	2,56	2,94	3,35	3,80	4,30	4,85	5,45
	C _u																									3,02	3,26	3,53	3,83	4,16	4,54	4,95	5,40	5,90	6,45	7,05
7	C _{u1}																									1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	
	C _{u2}																									1,53	1,79	2,09	2,41	2,77	3,18	3,62	4,11	4,65	5,24	5,89
	C _u																									3,13	3,39	3,69	4,01	4,34	4,78	5,22	5,71	6,25	6,84	7,49

C_{u1} : coût marginal de police
 C_{u2} : coût marginal d'usure (coût marginal d'entretien + coût marginal de renouvellement)
 C_u : coût marginal d'usage

41.11 Coût marginal de congestion

La détermination du coût marginal de congestion a été effectuée selon les principes exposés dans le chapitre 20, section 20.0 et paragraphe 20.22.

Le problème à résoudre est celui de chiffrer les effets sur les coûts de l'ensemble de la circulation d'une augmentation marginale de celle-ci. Ce calcul implique la connaissance des liaisons entre les débits et les vitesses ainsi que des fonctions de coût qui sont généralement liées aux vitesses. En d'autres termes, les lois élémentaires de coûts dépendent de la vitesse et il est possible de les exprimer en fonction des divers trafics lorsqu'on connaît les liaisons débits-vitesses.

a) Liaisons débits-vitesses

Ces liaisons sont obtenues à l'aide de mesures expérimentales réalisées en rase campagne.

Elles ont pour but de relier par une loi analytique les grandeurs caractéristiques de l'écoulement du trafic qui sont les vitesses des divers types de véhicules et les trafics horaires moyens correspondants.

En première approximation, une bonne représentation de l'interaction des débits sur les vitesses est fournie par des ajustements linéaires. Ce sont ces ajustements qui ont été utilisés dans l'étude pilote.

La forme analytique de ces lois ainsi que les résultats des calculs d'évaluation des liaisons débits-vitesses sont donnés dans l'annexe IV. 4.

b) Coûts d'utilisation des véhicules

Les coûts des véhicules se composent des coûts de consommation et d'usure qui sont des fonctions de la vitesse, en générale de forme parabolique, de coûts d'entretien indépendants de la vitesse et du coût attribué au temps de voyage qui, lui, est inversement proportionnel à la vitesse moyenne de circulation des véhicules.

Les calculs de coûts élémentaires, la démarche des calculs ainsi que les résultats sont repris dans l'annexe IV. 5; dont les tableaux donnent respectivement les coûts à la tonne-km et au véhicule-km des types de poids lourds et catégories de charge utile retenus. Cette annexe fournit également les éléments pour la détermination des coûts relatifs aux voitures particulières et qui comprennent les coûts variant avec l'utilisation des véhicules, la valeur du temps ressentie par leurs occupants et le coût des assurances.

c) Calcul du coût marginal de congestion

Avec les notations utilisées dans les formules des annexes IV. 4 et IV. 5, pour une catégorie de véhicules k et pour une catégorie de routes l , le coût marginal de congestion s'exprime de la façon suivante;

$$C_{mk}^l = \sum_j \left[\left(\vec{B}_j \frac{\partial f(V_j)}{\partial V_j} \right) a_{jh}^l \cdot T_j \right] .$$

Tous les éléments de coût servant à la détermination du coût marginal de congestion ont été pris en compte hors taxes spécifiques.

Les résultats des calculs sont repris dans les tableaux des pages 292 à 295.

41.12 - Coût marginal d'accident

La détermination précise des probabilités d'accident par catégories de véhicules ainsi que des coûts d'accident, impliquerait en principe l'exploitation très détaillée des constats d'accident et des dossiers correspondants des compagnies d'assurances.

De telles études qui présentent, pour l'avenir, un grand intérêt pour mettre en oeuvre une politique d'amélioration de la sécurité routière, n'ont pas pu être faites à l'occasion de l'étude pilote, en raison de leur ampleur.

Le problème du calcul du coût marginal d'accident a été abordé par le biais d'une étude globale sur les sections d'infrastructure de l'axe Paris-Le Havre. Elle a consisté à relier le taux des accidents aux trafics moyens annuels à partir des statistiques d'accidents établies en 1965.

La description détaillée de la méthode utilisée ainsi que les valeurs des termes entrant dans le coût marginal d'accident sont données dans l'annexe IV. 6.

Les résultats du calcul du coût marginal d'accident (c_{ma}) sont les suivants (en centimes par véhicule-km) :

Largeur de chaussée	6 m	7 m	9 m	10,5 m
c_{ma}	4,1	3,3	3	1,8

Les valeurs numériques des péages d'accident, c'est-à-dire des montants à intégrer dans le coût marginal social et qui représentent la différence entre le coût marginal d'accident et la charge supportée par les usagers au titre des primes d'assurance, s'établissent comme suit :

.../...

Largeur de l'infrastructure	6 m	7 m	9 m	10,5 m
C_o (centimes)	217	164	317	317 +
C_{ma} (centimes/véh.)	4,1	3,3	3	1,8
T_{moy} (véh/h)	133	228	520	580
$Pa1^{(1)}$ (centimes par véh.-km)	1	0,1	-	0,25
$Pa2^{(2)}$ (centimes par véh.-km)	6	4,3	3,6	2,5

+ On a supposé que la constante était la même que pour les routes de 9 m.

41.13 - Résultats d'ensemble

41.13.0 - Coûts marginaux sociaux unitaires

Les résultats des calculs des coûts marginaux sociaux par véhicule-km, par catégories de véhicules et sur les différentes sections, sont reproduits dans les tableaux des pages 292 à 295. Deux séries de calcul ont été effectuées. La première, sous la dénomination de "coût marginal social partiel", donne le total du coût marginal d'usage et du coût marginal de congestion, et la seconde, sous l'appellation "coût marginal social complet", la somme du coût marginal d'usage, du coût marginal de congestion et du coût marginal d'accident.

41.13.1 - Montants annuels des coûts marginaux sociaux

Les montants annuels des coûts marginaux sociaux sur les différentes sections de l'axe ont été déterminés dans l'annexe IV.3. Une récapitulation en est donnée dans les pages 296 à 299. Outre les montants annuels des coûts marginaux d'usage dont il a déjà été question dans le paragraphe 41.10, on a indiqué les montants annuels des coûts marginaux sociaux partiels et des coûts marginaux sociaux complets.

(1) $Pa1$: péage d'accident des véhicules légers.

(2) $Pa2$: péage d'accident des véhicules lourds.

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Détermination des coûts marginaux sociaux partiels et complets par véhicule-km et par sections

Départements de l'EURE

(en francs)

Sections	Véhicules légers					Poids lourds C.U. < 5 tonnes				
	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$
1	0,0023	0,0033	0,0025	0,0056	0,0081	0,0046	0,0050	0,0250	0,0096	0,0346
3		0,0058	0,0010	0,0081	0,0091		0,0110	0,0430	0,0156	0,0586
4		0,0058	0,0010	0,0081	0,0091		0,0110	0,0430	0,0156	0,0586
5		0,0058	0,0010	0,0081	0,0091		0,0110	0,0430	0,0156	0,0586
6		0,0012	0,0099	0,0035	0,0134		0,0023	0,0600	0,0069	0,0669
7		0,0007	0,0099	0,0030	0,0129		0,0012	0,0600	0,0058	0,0658
8		0,0007	0,0010	0,0030	0,0040		0,0014	0,0430	0,0060	0,0490
9		0,0007	0,0010	0,0030	0,0040		0,0014	0,0430	0,0060	0,0490
14		0,0026	0,0010	0,0049	0,0059		0,0048	0,0430	0,0094	0,0524
15		0,0009	0,0099	0,0032	0,0131		0,0026	0,0600	0,0072	0,0672
16		0,0009	0,0099	0,0032	0,0131		0,0016	0,0600	0,0062	0,0662
17		0,0026	0,0099	0,0049	0,0148		0,0048	0,0600	0,0094	0,0694
18		0,0026	0,0010	0,0049	0,0059		0,0048	0,0430	0,0094	0,0524
19		0,0041	0,0010	0,0064	0,0074		0,0087	0,0430	0,0133	0,0563
20		0,0028	0,0099	0,0051	0,0150		0,0052	0,0600	0,0098	0,0698
21		0,0066	0,0010	0,0089	0,0099		0,0130	0,0430	0,0176	0,0606
22		0,0019	0,0099	0,0042	0,0141		0,0038	0,0600	0,0084	0,0684
23		0,0006	0,0099	0,0029	0,0128		0,0018	0,0600	0,0064	0,0664
24		0,0019	0,0010	0,0042	0,0052		0,0036	0,0430	0,0082	0,0512
25		0,0038	0,0099	0,0061	0,0160		0,0074	0,0600	0,0120	0,0720
26		0,0033	0,0099	0,0056	0,0155		0,0066	0,0600	0,0112	0,0712
27		0,0033	0,0010	0,0056	0,0066		0,0064	0,0430	0,0110	0,0540
28	0,0023	0,0012	0,0010	0,0035	0,0045	0,0046	0,0021	0,0430	0,0067	0,0497

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Détermination des coûts marginaux sociaux partiels et complets par véhicule-km et par sections

Département de l'EURE

(en francs)

Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes					Poids lourds C.U. > 10 tonnes				
	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$
1	0,0248	0,0075	0,0250	0,0323	0,0573	0,0841	0,0133	0,0250	0,0974	0,1224
3		0,0160	0,0430	0,0408	0,0838		0,0287	0,0430	0,1128	0,1558
4		0,0160	0,0430	0,0408	0,0838		0,0287	0,0430	0,1128	0,1558
5		0,0160	0,0430	0,0408	0,0838		0,0287	0,0430	0,1128	0,1558
6		0,0033	0,0600	0,0281	0,0881		0,0059	0,0600	0,0900	0,1500
7		0,0018	0,0600	0,0266	0,0866		0,0032	0,0600	0,0873	0,1473
8		0,0020	0,0430	0,0268	0,0698		0,0036	0,0430	0,0877	0,1307
9		0,0020	0,0430	0,0268	0,0698		0,0036	0,0430	0,0877	0,1307
14		0,0072	0,0430	0,0320	0,0750		0,0128	0,0430	0,0969	0,1399
15		0,0037	0,0600	0,0285	0,0885		0,0066	0,0600	0,0907	0,1507
16		0,0024	0,0600	0,0272	0,0872		0,0042	0,0600	0,0883	0,1483
17		0,0072	0,0600	0,0320	0,0920		0,0128	0,0600	0,0969	0,1569
18		0,0072	0,0430	0,0320	0,0750		0,0128	0,0430	0,0969	0,1399
19		0,0117	0,0430	0,0365	0,0795		0,0212	0,0430	0,1053	0,1483
20		0,0078	0,0600	0,0326	0,0926		0,0138	0,0600	0,0979	0,1579
21		0,0184	0,0430	0,0432	0,0862		0,0332	0,0430	0,1173	0,1603
22		0,0054	0,0600	0,0302	0,0902		0,0097	0,0600	0,0938	0,1538
23		0,0026	0,0600	0,0274	0,0874		0,0046	0,0600	0,0887	0,1487
24		0,0052	0,0430	0,0300	0,0730		0,0092	0,0430	0,0933	0,1363
25		0,0105	0,0600	0,0353	0,0953		0,0189	0,0600	0,1030	0,1630
26		0,0093	0,0600	0,0341	0,0941		0,0167	0,0600	0,1008	0,1608
27		0,0090	0,0430	0,0338	0,0768		0,0162	0,0430	0,1003	0,1433
28	0,0248	0,0032	0,0430	0,0280	0,0710	0,0841	0,0057	0,0430	0,0898	0,1328

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Détermination des coûts marginaux sociaux partiels et complets par véhicule-km et par sections

Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Sections	Véhicules légers					Poids lourds C.U. < 5 tonnes				
	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$
1	0,0023	0,0016	0,0010	0,0039	0,0049	0,0046	0,0030	0,0430	0,0076	0,0506
2	↓	0,0075	0,0003	0,0098	0,0101	↓	0,0132	0,0360	0,0178	0,0538
3		0,0024	0,0025	0,0047	0,0072		0,0043	0,0250	0,0089	0,0339
4		0,0044	0,0010	0,0067	0,0077		0,0083	0,0430	0,0129	0,0559
5	↓	0,0074	0,0010	0,0097	0,0107	↓	0,0150	0,0430	0,0196	0,0626
6	0,0023	0,0013	0,0099	0,0036	0,0135	0,0046	0,0023	0,0600	0,0069	0,0669
Département de la SEINE-MARITIME										
1	0,0023	0,0027	0,0025	0,0050	0,0075	0,0046	0,0047	0,0250	0,0093	0,0343
2	↓	0,0021	0,0025	0,0044	0,0069	↓	0,0038	0,0250	0,0084	0,0334
3		0,0028	0,0099	0,0051	0,0150		0,0060	0,0600	0,0106	0,0706
4		0,0018	0,0010	0,0041	0,0051		0,0035	0,0430	0,0081	0,0511
5		0,0013	0,0010	0,0036	0,0046		0,0024	0,0430	0,0070	0,0500
6		0,0011	0,0099	0,0034	0,0133		0,0024	0,0600	0,0070	0,0670
7		0,0008	0,0099	0,0031	0,0130		0,0015	0,0600	0,0061	0,0661
8		0,0031	0,0010	0,0054	0,0064		0,0060	0,0430	0,0106	0,0536
9		0,0032	0,0003	0,0055	0,0058		0,0061	0,0360	0,0107	0,0467
10		0,0061	0,0003	0,0084	0,0087		0,0114	0,0360	0,0160	0,0520
11		0,0002	-	0,0025	0,0025		0,0004	-	0,0050	0,0050
12	↓	0,0015	0,0003	0,0038	0,0041	↓	0,0027	0,0360	0,0073	0,0433
13	0,0023	0,0012	0,0099	0,0035	0,0134	0,0046	0,0022	0,0600	0,0068	0,0668

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Détermination des coûts marginaux sociaux partiels et complets par véhicule-km et par sections

Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes					Poids lourds C.U. > 10 tonnes				
	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Coût marginal d'accident	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$	C_u	C_o	C_a	$C_u + C_o$	$C_u + C_o + C_a$
1	0,0248	0,0045	0,0430	0,0293	0,0723	0,0841	0,0079	0,0430	0,0920	0,1350
2	↓	0,0190	0,0360	0,0438	0,0798	↓	0,0340	0,0360	0,1181	0,1541
3		0,0061	0,0250	0,0309	0,0559		0,0109	0,0250	0,0950	0,1200
4		0,0120	0,0430	0,0368	0,0798		0,0214	0,0430	0,1055	0,1485
5	↓	0,0209	0,0430	0,0457	0,0887	↓	0,0380	0,0430	0,1221	0,1651
6	0,0248	0,0035	0,0600	0,0283	0,0883	0,0841	0,0062	0,0600	0,0903	0,1503
Département de la SEINE-MARITIME										
1	0,0248	0,0066	0,0250	0,0314	0,0564	0,0841	0,0119	0,0250	0,0960	0,1210
2	↓	0,0058	0,0250	0,0306	0,0556	↓	0,0096	0,0250	0,0937	0,1187
3		0,0080	0,0600	0,0328	0,0928		0,0146	0,0600	0,0987	0,1587
4		0,0050	0,0430	0,0298	0,0728		0,0089	0,0430	0,0930	0,1360
5		0,0035	0,0430	0,0283	0,0713		0,0063	0,0430	0,0904	0,1334
6		0,0032	0,0600	0,0280	0,0880		0,0058	0,0600	0,0899	0,1499
7		0,0022	0,0600	0,0270	0,0870		0,0039	0,0600	0,0880	0,1480
8		0,0086	0,0430	0,0334	0,0764		0,0154	0,0430	0,0995	0,1425
9		0,0084	0,0360	0,0332	0,0692		0,0152	0,0360	0,0993	0,1353
10		0,0157	0,0360	0,0405	0,0765		0,0285	0,0360	0,1126	0,1486
11		0,0005	-	0,0253	0,0253		0,0010	-	0,0851	0,0851
12	↓	0,0039	0,0360	0,0287	0,0647	↓	0,0070	0,0360	0,0911	0,1271
13	0,0248	0,0033	0,0600	0,0281	0,0881	0,0841	0,0059	0,0600	0,0900	0,1500

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Montants annuels des coûts marginaux d'usage (y compris coût marginal de renouvellement)
et des coûts marginaux sociaux partiels et complets par catégories de véhicules et par sections (en francs)

Sections	Véhicules légers			Poids lourds C.U. < 5 tonnes		
	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
			Département de l'EURE			
1	135.913	330.686	478.370	8.748	18.253	65.802
3	77.093	271.231	304.619	5.125	17.383	65.286
4	58.711	207.081	232.591	3.912	13.263	49.832
5	58.148	204.643	229.965	3.868	13.120	49.283
6	11.161	17.030	65.137	746	1.119	10.857
7	9.261	12.100	51.984	1.038	1.309	14.849
8	8.196	10.685	14.256	1.207	1.574	12.856
9	4.186	5.445	7.260	615	803	6.555
14	12.527	26.738	32.211	1.362	2.826	15.745
15	35.768	49.771	203.726	2.882	4.511	42.106
16	12.251	17.048	69.818	1.891	2.548	27.217
17	31.580	67.265	203.269	3.482	7.115	52.539
18	10.316	21.895	26.422	1.133	2.316	12.913
19	82.517	229.524	265.384	5.896	17.048	72.170
20	23.090	51.144	150.546	2.203	4.696	33.433
21	185.996	719.198	799.896	11.209	42.888	147.681
22	30.807	56.197	188.701	2.058	3.759	30.600
23	4.891	6.169	27.229	528	735	7.627
24	39.172	71.570	88.607	4.179	7.450	46.511
25	10.009	26.531	69.463	592	1.545	9.272
26	42.384	103.205	285.773	2.308	5.620	35.724
27	7.946	19.222	22.658	698	1.670	8.199
28	6.325	9.592	123.332	419	610	4.527

Sections	Véhicules légers			Poids lourds C.U. < 5 tonnes		
	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
			Département de la SEINE-ET-OISE			
1	68.170	115.580	145.219	8.997	14.866	98.969
2	418.800	1.784.524	1.839.221	28.151	108.957	329.315
3	156.839	320.461	490.938	12.767	24.699	94.088
4	41.113	119.819	137.694	7.995	22.417	97.151
5	22.520	94.974	104.765	2.040	8.692	27.762
6	26.014	40.695	152.691	2.363	3.546	34.372
			Département de la SEINE-MARITIME			
1	273.580	594.781	892.074	22.158	44.797	165.225
2	97.115	185.797	291.280	7.916	14.459	57.482
3	40.685	90.217	265.618	3.575	8.239	54.871
4	14.087	25.101	31.236	1.410	2.485	15.668
5	13.642	21.354	27.314	1.441	2.193	15.667
6	12.316	18.224	71.228	1.373	2.089	19.999
7	13.252	17.852	74.917	1.414	1.882	20.390
8	82.869	194.630	230.608	7.704	17.755	89.769
9	57.201	136.826	144.193	4.210	9.792	42.739
10	75.973	277.526	287.399	5.071	17.643	57.337
11	60.692	65.946	65.946	6.063	6.594	6.594
12	40.660	67.180	72.468	3.243	5.147	30.529
13	11.272	17.135	65.701	1.435	2.122	20.840
TOTAL toutes sections réunies	2.425.048	6.722.592	9.331.727	195.445	490.535	2.100.351

Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes			Poids lourds C.U. > 10 tonnes		
	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
			Département de l'EURE			
1	45.763	59.604	105.735	315.123	364.960	458.631
3	35.876	59.014	121.205	259.719	348.356	481.141
4	27.378	45.045	92.512	198.230	265.882	367.231
5	27.076	44.542	91.491	196.048	262.958	363.183
6	4.299	4.870	15.271	35.048	37.508	62.511
7	3.434	3.684	11.993	22.430	23.283	39.287
8	2.978	3.218	8.381	27.674	28.857	43.008
9	1.518	1.641	4.273	14.111	14.715	21.929
14	3.890	5.020	11.767	30.358	34.976	50.502
15	13.874	15.944	49.510	95.980	103.522	171.990
16	4.575	5.018	16.088	30.143	31.648	53.155
17	9.800	12.645	36.354	76.477	88.120	142.679
18	3.190	4.117	9.649	24.894	28.681	41.411
19	83.572	122.999	267.907	657.946	823.805	1.160.198
20	6.686	8.789	24.966	50.682	59.003	95.162
21	98.502	171.586	342.374	886.324	1.236.210	1.689.378
22	18.253	22.226	66.389	128.650	143.486	235.274
23	1.688	1.865	5.949	12.522	13.207	22.140
24	18.332	22.176	53.961	134.819	149.566	218.498
25	5.670	8.072	21.790	43.871	53.731	85.030
26	25.043	34.432	95.021	197.090	236.224	376.835
27	4.258	5.805	13.188	33.103	39.485	56.410
28	2.003	2.261	5.734	13.088	13.977	20.670

Sections	Poids lourds 5 tonnes C.U. 10 tonnes			Poids lourds C.U. 10 tonnes		
	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet	Coût marginal d'usage	Coût marginal social partiel	Coût marginal social complet
			Département de la SEINE-ET-OISE			
1	32.752	38.694	95.481	188.391	206.087	302.411
2	189.169	334.099	608.684	1.389.114	1.950.720	2.545.347
3	99.931	124.506	225.242	755.957	853.934	1.078.654
4	21.203	31.460	68.224	152.058	190.751	268.498
5	3.123	5.755	11.170	131.842	191.413	258.823
6	8.310	9.482	29.586	58.237	62.530	104.079
			Département de la SEINE-MARITIME			
1	155.965	197.471	354.697	1.243.472	1.419.422	1.789.069
2	61.276	75.607	137.377	461.679	514.389	651.630
3	32.854	43.455	122.941	318.644	373.956	601.302
4	6.441	7.739	18.908	62.494	69.107	101.063
5	2.901	3.310	8.341	41.811	44.942	66.321
6	9.637	10.880	34.196	78.152	83.544	139.300
7	7.128	7.761	25.007	48.936	51.205	86.117
8	34.914	47.023	107.556	306.197	362.270	518.822
9	36.344	48.657	101.413	305.444	360.653	491.397
10	34.739	56.733	107.164	382.680	512.372	676.190
11	15.709	16.026	16.026	112.465	113.802	113.802
12	16.342	18.911	42.636	142.982	154.881	216.092
13	3.611	4.092	12.827	27.695	29.637	49.398
TOTAL toutes sections réunies	1.220.007	1.746.234	3.598.984	9.692.580	11.947.765	16.314.568

41.2 - Voie navigable

41.20 - Coût marginal d'usage

La détermination du coût marginal d'usage des infrastructures de navigation intérieure a été effectuée selon les principes exposés dans le chapitre 20, paragraphe 20.14. Ainsi qu'il a été exposé dans ce paragraphe, les dépenses d'infrastructure qui varient avec le trafic ont été classées en dépenses relatives aux ouvrages de franchissement (écluses) et dépenses relatives à la voie courante. Une telle distinction est nécessaire, étant donné que les principes de répartition des dépenses entre les diverses catégories de bateaux sont différents selon qu'il s'agit des écluses ou du chenal.

- Ouvrages de franchissement -

Le calcul du coût marginal d'une éclusée simple a abouti aux résultats suivants :

Grande écluse (moderne)	Moyenne écluse (ancienne)	Petite écluse (ancienne)
1,00 F	1,25 F	0,65 F.

Comme il est exposé dans le paragraphe 20.14, le calcul des coûts marginaux d'usage par catégories de bateaux est fondé sur la connaissance des lois reliant le nombre d'éclusées à chaque écluse d'un groupe donné, au trafic par catégories de bateaux qui arrivent au groupe.

L'exploitation du modèle de simulation (voir annexe II.2) a permis d'évaluer les paramètres de ces lois sur le groupe de Carrières - où il existe une grande et une petite écluse - par des méthodes de régression linéaire.

La régression linéaire permet de mettre le nombre N^i d'éclusées effectuées à l'écluse i sous la forme :

$$N^i = N_0^i + \sum_j A_{ij} T_j$$

où N^i : nombre d'éclusées à l'écluse i par unité de temps

N_0^i : constante de régression

A_{ij} : coefficients d'interaction

T_j : trafic de la catégorie j passé au groupe d'écluses par unité de temps.

La constante N_0^i est toujours positive. Les valeurs de A_{ij} obtenues par l'étude de simulation au groupe de Carrières sont les suivantes :

Catégories de bateaux	Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal
petite écluse	0,200	0,035	0,010	0,100
grande écluse	0,600	0,350	0,300	0,300

Pour les groupes qui comprennent deux grandes écluses et éventuellement une petite, on peut facilement démontrer que, si elles sont exploitées simultanément, les coefficients d'interaction pour les grandes écluses doivent être pris égaux à la moitié de ceux indiqués ci-dessus. Il aurait été d'ailleurs souhaitable de connaître la matrice des coefficients d'interaction pour chacun des groupes étudiés dans l'étude pilote. Ces résultats ne sont pas disponibles et c'est ce qui explique l'approximation consistant à étendre les résultats obtenus à Carrières aux autres groupes.

Le coût marginal de franchissement d'un groupe d'écluses par catégories de bateaux a été déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$C_j = \sum_i A_{ij} C_{mi}$$

.../...

où C_j : coût marginal de franchissement du groupe pour la catégorie j
 C_{mi} : coût marginal d'une éclusée simple à l'écluse i.

Les calculs ont abouti aux résultats suivants, exprimés en francs, par catégories de bateaux et par groupes d'écluses :

Groupes d'écluses	Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal
Andrésey	0,60	0,35	0,30	0,30
Carrières	0,83	0,46	0,38	0,44
Féricourt	0,65	0,38	0,33	0,33
Notre-Dame-de-la- Garenne	0,76	0,42	0,33	0,39
Amfreville	0,68	0,39	0,34	0,34
Tancarville	0,60	0,35	0,30	0,30

- Chenal -

Comme il est exposé au paragraphe 20.14, il convient d'admettre qu'une partie des dépenses de remise en état des berges doit être imputée à la navigation. En effet, depuis l'apparition des convois poussés, et avec la croissance du trafic, les dégradations ont considérablement augmenté, essentiellement en périodes de crues d'ailleurs, car le batillage provoqué à ce moment par le passage des bateaux a une action très érosive, beaucoup plus importante qu'en période normale. En ce qui concerne la Basse-Seine, on a estimé que 60 % des dépenses de remise en état des berges nécessitées par les crues devraient être effectivement engagés et que sur ce total 50 % sont imputables à la navigation. D'autre part, les dépenses devraient être étalées sur cinq ans. Comme le retour à l'état ancien après une crue peut être évalué à environ 10.000.000 de francs pour 200 km de rivière, la dépense variable à imputer au trafic de la Basse-Seine ressorti à environ 600.000 F par an.

La méthode de répartition de ces coûts fondée sur la puissance nominale moyenne des bateaux de chaque catégorie et le kilométrage effectué annuellement par chacun des types de bateaux conduit aux résultats suivants :

Types de bateaux	Puissance en C.V.	Kilométrage annuel	Coût par C.V.-km	Coût marginal par bateau-km
Convois poussés	1.200	1.400.000	} 0,19x10 ⁻³ F	0,23 F
Automoteurs de Seine	400	1.500.000		0,07 F
Caboteurs	600	240.000		0,10 F
Automoteurs de canal	120	4.500.000		0,03 F

Pour le canal de Tancarville, on a admis un coût marginal de dragage s'établissant au même niveau.

Dans le tableau de la page 305, on a procédé à la détermination des montants annuels de coût marginal d'usage sur les différentes sections. Ce calcul sert principalement à déterminer les coûts de capacité dans le système du coût total.

41.21 - Coût marginal de congestion

La détermination du coût marginal de congestion a été effectuée selon les principes exposés dans le chapitre 20, section 20.0 et paragraphe 20.23. Elle ne porte que sur la Basse-Seine; les résultats de l'étude de simulation ne sont en effet pas applicables à l'écluse du canal de Tancarville en raison des conditions naturelles de ce canal maritime, qui imposent un régime d'exploitation de l'écluse très différent de celui des écluses de la Basse-Seine.

Le coût marginal de congestion imputable à une catégorie de bateaux *i* a été calculé d'après la formule suivante :

.../...

$$C_{o_i} = \sum_j C_j Q_j A_{ij}$$

où C_j : coût unitaire de franchissement par écluse d'un bateau de la catégorie j

Q_j : nombre moyen d'arrivées par heure de bateaux de la catégorie j

$A_{ij} = \frac{\delta t_j}{\delta Q_i}$: augmentation du temps moyen de franchissement des bateaux de la catégorie j lorsque le trafic de la catégorie i s'accroît d'une unité par unité de temps.

Le calcul du coût marginal de congestion nécessite donc, comme il est exposé dans la partie méthodologique, la valorisation des temps d'attente et de franchissement des écluses.

.../...

Système des coûts marginaux sociaux - Voie navigable									
Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de bateaux, par sections et par groupes d'écluses (en francs)									
Sections et groupes d'écluses	Convois poussés		Automoteurs de Seine		Caboteurs		Automoteurs de canal		Montant total annuel
	Coût unitaire	Coût total	Coût unitaire	Coût total	Coût unitaire	Coût total	Coût unitaire	Coût total	
<u>Oise à Bas-Cléon</u>									
Chenal	0,23	89.381	0,07	78.460	0,10	23.606	0,03	151.702	343.149
Ecluses : Andrésy	0,60	2.895	0,35	2.533	0,30	434	0,30	10.424	16.286
Carrières	0,83	540	0,46	3.519	0,38	568	0,44	17.625	22.252
Méricourt	0,65	4.359	0,38	4.497	0,33	977	0,33	18.938	28.771
Notre-Dame-de- la-Garenne	0,76	891	0,42	4.270	0,33	665	0,39	21.005	26.831
Amfreville	0,68	816	0,39	2.421	0,34	612	0,34	10.941	14.790
<u>Bas-Cléon à Tancarville</u>									
Chenal	0,23	66.013	0,07	57.947	0,10	17.435	0,03	112.042	253.437
<u>Canal de Tancarville</u>									
Chenal	0,23	12.064	0,07	10.589	0,10	3.186	0,03	20.475	46.314
Ecluse	0,60	273	0,35	1.195	0,30	205	0,30	5.463	7.136

Les coûts unitaires sont donnés par bateau pour les écluses et par bateau-km pour le chenal.

Pour la valoriation de ces temps, il convient de déterminer le coût de circulation, qui couvre les dépenses variables avec l'utilisation du bateau, et le coût de mise à disposition horaire de l'élément propulsif ainsi que, éventuellement, le coût de mise à disposition des barges accouplées à l'élément propulsif. La démarche de calcul ainsi que les résultats des calculs des coûts élémentaires sont donnés dans l'annexe IV.7 et dans les tableaux qui y sont joints.

- Valorisation du temps

Le coût C_p^m de circulation du bateau couvre les dépenses variables avec l'utilisation. Des études effectuées en France ont montré que l'on pouvait supposer que :

$$C_p^m = C_p^{hn} \left(0,25 + 0,75 \frac{P}{P_0} \right)$$

où C_p^{hn} est le coût horaire de circulation à pleine puissance du moteur (P_0),

et P la puissance effectivement développée par le moteur. Les valeurs de C_p^{hn} sont consignées dans le tableau de la page 123 de l'annexe IV.7.

Le coût horaire de mise à disposition de l'élément propulsif est noté C_p^h . Les valeurs de C_p^h sont consignées dans le même tableau.

Les calculs ont été fondés sur les hypothèses suivantes propres à la Basse-Seine.

En ce qui concerne les durées d'utilisation, les chiffres retenus ressortent du tableau ci-après.

	Automoteurs	Pousseurs		Barges	
		NC (1)	NJ (1)	NC (1)	NJ (1)
Nombre d'heures d'utilisation par jour	11	22	11	22	11
Nombre de jours d'utilisation par an	320 (2)	320 (2)		330 (2)	
Nombre d'heures d'utilisation par an	3.500	6.000		7.200	3.600

(1) NC = navigation continue
 NJ = navigation de jour
 seulement

(2) 45 ou 35 jours d'entretien, de réparation du matériel et d'interruption de la navigation.

Pour ce qui est de l'utilisation de la capacité de la flotte, il a été admis qu'il n'existait aucune surcapacité chronique pour les transports privés et les transports réguliers sous contrat à long terme (plus de 60 % sur la Basse-Seine) et pour une partie du transport à la demande (bateaux spécialisés). Pour les automoteurs, un coefficient de réduction de 0,7 doit être appliqué au coût de mise à disposition pour tenir compte de la surcapacité d'une partie de la flotte.

Le coût de mise à dispositions des barges est noté C_b^h . Les valeurs de C_b^h sont consignées dans le tableau de la page 123 de l'annexe IV.7.

En résumé, on a valorisé le temps de franchissement à l'aide de la formule suivante :

$$K (C_p^h + n C_b^h) + 0,25 C_p^{hn}$$

où K = 1 pour les convois poussés et 0,7 pour les automoteurs
 n = nombre de barges accouplées à l'élément propulsif du convoi.

.../...

Les divers éléments du temps marginal de franchissement n'ont pas été distingués lors de la valorisation. En effet, pendant le temps d'inversion et le temps d'attente, le moteur est en général au ralenti et $P = 0$. Le moteur est également au ralenti pendant une grande partie du temps de mise en place et de sortie, car il s'agit en fait d'attendre que les autres bateaux formant la bassinée se mettent en place dans l'écluse ou en soient sortis. Dans la mesure où le temps de mise en place et de sortie de l'écluse pour l'ensemble des bateaux formant la bassinée est une fonction linéaire et homogène du nombre de bateaux de chaque type, l'accroissement éventuel de ce temps ne provient pas d'un accroissement du temps de manoeuvre du bateau considéré, mais d'une augmentation du temps mis par les autres bateaux pour se mettre en place dans l'écluse ou en sortir. Pendant ce temps, le bateau considéré est au ralenti et $P = 0$.

Les résultats du calcul du coût horaire de franchissement d'une écluse sont donnés dans le tableau de la page 124 de l'annexe IV.7.

Accroissement du temps moyen de franchissement des écluses

Les calculs ont été effectués à partir d'une série de simulations comprenant 200 périodes de six heures chacune. Les variables observées sont le temps moyen de franchissement et le nombre moyen d'arrivées pour chaque catégorie de bateaux, variables dont on a pu étudier la corrélation au moyen d'analyses de régression.

Les trois catégories de bateaux suivantes ont été retenues :

Catégorie 1	Convois poussés	100 x 12 m
		140 x 12 m
		160 x 12 m
Catégorie 2	Automoteurs de Seine	40 x 7 m
		60 x 7 m
		100 x 12 m

	Caboteurs	40 x 7 m (1)
Catégorie 3	Automoteurs de canal	40 x 5 m
		80 x 5 m.

Les données ci-après sont regroupées de la manière suivante dans l'annexe IV.8 :

Le tableau de la page 127 définit la situation et la composition du trafic aux écluses.

Le tableau de la page 128 donne les caractéristiques de fonctionnement des écluses.

Le tableau de la page 129 fournit les temps de manoeuvre par catégories de bateaux.

Les ajustements statistiques retenus sont de la forme suivante :

$$t_i = t_i^0 + a_i^1 q_1 + a_i^2 q_2 + a_i^3 q_3$$

où t_i = temps de franchissement de la catégorie i (temps d'attente + temps d'inversion)

t_i^0 = constante du temps de franchissement

q_j = nombre moyen de bateaux de la catégorie j passés dans l'heure.

Les régressions, dont les résultats sont donnés dans le tableau de la page 130 de cette annexe, qui indique en outre les valeurs retenues pour les constantes de temps minimum de franchissement, conduisent parfois à des temps de passage négatifs. Il a été admis que le temps minimum de franchissement était toujours égal à la somme des temps de

(1) Pour ce qui est des caboteurs, le calcul de leurs coûts marginaux de congestion a mis en évidence le fait que la priorité qui leur est accordée sur tous les autres bateaux, en cas d'attente aux écluses, avait une incidence sur le niveau de ces coûts. Etant donné cependant la faible importance du trafic de caboteurs sur la Basse-Seine, on a estimé qu'il n'était pas opportun d'en faire une étude séparée et que l'on pouvait les assimiler aux automoteurs de Seine, ces deux types de bateaux ayant des caractéristiques techniques comparables.

manoeuvre et du temps d'inversion, ce qui justifie le fait que le coût de congestion est nul si le temps de franchissement calculé par les formules ajustées se trouve être inférieur au temps minimum.

Le tableau de la page 131 de l'annexe IV.8 rassemble les valeurs des coefficients d'interaction retenues.

Les résultats exprimés en francs des calculs des coûts de congestion par groupes d'écluses et par catégories sont reproduits dans le tableau ci-après :

Groupes d'écluses	Convois poussés	Automoteurs de Seine Caboteurs	Automoteurs de canal
Andrésy	62,83	25,99	21,29
Carrières	18,13	13,07	3,45
Méricourt	12,22	10,22	11,04 (1)
Notre-Dame-de-la-Garenne	7,52	5,52	6,22 (1)
Amfreville	10,10	4,40	7,28 (1)

(1) On constate que pour les groupes d'écluses de Méricourt, de Notre-Dame-de-la-Garenne et d'Amfreville, le coût marginal de congestion des automoteurs de Seine est inférieur à celui des automoteurs de canal alors qu'en règle générale, sur la Basse-Seine, la gêne imposée au reste du trafic par ce dernier type de bateau est moindre que celle provoquée par les autres types. En effet, les automoteurs de canal sont affectés aux plus petites écluses en raison de leurs dimensions et afin de les faire bénéficier d'un temps d'éclusage plus réduit, les moyennes et grandes écluses étant réservées aux bateaux plus importants qui ne peuvent franchir le groupe que par celles-ci. Cependant, la règle du tour d'après laquelle le premier arrivé est le premier servi devant être observée, il arrive qu'en cas d'attente l'affectation doit éventuellement être corrigée, les automoteurs de canal étant alors dirigés vers les autres écluses. Comme les dispositions précédentes ne sont pas applicables aux automoteurs de Seine, il s'ensuit que la gêne provoquée par un automoteur de canal supplémentaire peut être plus importante que celle imposée par un automoteur de Seine supplémentaire.

41.22 - Résultats d'ensemble

41.22.0 - Coûts marginaux sociaux unitaires

Les résultats des calculs des coûts marginaux sociaux pour les différentes catégories de bateaux et groupes d'écluses sont reproduits dans le tableau de la page 312.

41.22.1 - Montants annuels des coûts marginaux sociaux

Les montants annuels des coûts marginaux sociaux tant en ce qui concerne les différents groupes d'écluses que le chenal sont indiqués dans les tableaux des pages 313 et 314.

Système des coûts marginaux sociaux - Voie navigable

Coûts marginaux sociaux unitaires, par catégories de bateaux

B A S S E - S E I N E

(en francs)

Groupes d'écluses	Convois poussés			Automoteurs de Seine			Caboteurs			Automoteurs de canal		
	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Total	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Total	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Total	Coût marginal d'usage	Coût marginal de congestion	Total
Andrésey	0,60	62,83	63,43	0,35	25,99	26,34	0,30	25,99	26,29	0,30	21,29	21,59
Carrières	0,83	18,13	18,96	0,46	13,07	13,53	0,38	13,07	13,45	0,44	3,45	3,89
Méricourt	0,65	12,22	12,87	0,38	10,22	10,60	0,33	10,22	10,55	0,33	11,04	11,37
Notre-Dame-de-la-Garenne	0,76	7,52	8,28	0,42	5,52	5,94	0,33	5,52	5,85	0,39	6,22	6,61
Amfreville	0,68	10,10	10,78	0,39	4,40	4,79	0,34	4,40	4,74	0,34	7,28	7,62
Chenal	0,23	-	0,23	0,07	-	0,07	0,10	-	0,10	0,03	-	0,03

Coûts par bateau pour les écluses, par bateau-km pour le chenal.

Système des coûts marginaux sociaux - Voie navigable

Détermination du montant annuel des coûts marginaux sociaux, par catégories de bateaux

B A S S E - S E I N E

(en francs)

Groupes d'écluses	Convois poussés			Automoteurs de Seine			Caboteurs			Automoteurs de canal		
	Coût marginal social	Nombre annuel de bateaux	Coût marginal social annuel	Coût marginal social	Nombre annuel de bateaux	Coût marginal social annuel	Coût marginal social	Nombre annuel de bateaux	Coût marginal social annuel	Coût marginal social	Nombre annuel de bateaux	Coût marginal social annuel
Andrésy	63,43	4.825	306.050	26,34	7.238	190.649	26,29	1.448	38.068	21,59	34.745	750.145
Carrières	18,96	650	12.324	13,53	7.651	103.518	13,45	1.496	20.121	3,89	40.056	155.818
Méricourt	12,87	6.706	86.306	10,60	11.833	125.430	10,55	2.960	31.228	11,37	57.393	652.558
Notre-Dame-de-la-Garenne	8,28	1.173	9.712	5,94	10.167	60.392	5,85	2.017	11.799	6,61	53.858	356.001
Amfreville	10,78	1.200	12.936	4,79	6.209	29.741	4,74	1.801	8.537	7,62	32.179	245.204
Chenal	Coût marginal social/km	Nombre annuel de bateaux-km	Coût marginal social annuel	Coût marginal social/km	Nombre annuel de bateaux-km	Coût marginal social annuel	Coût marginal social/km	Nombre annuel de bateaux-km	Coût marginal social annuel	Coût marginal social/km	Nombre annuel de bateaux-km	Coût marginal social annuel
	0,23	675.640	155.394	0,07	1.948.716	136.407	0,10	410.438	41.041	0,03	8.791.566	263.744

Système des coûts marginaux sociaux - Voie navigable					
Détermination du montant annuel des coûts marginaux sociaux -					Récapitulation
B A S S E - S E I N E					(en francs)
Groupes d'écluses	Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal	Total
Andrésy	306.050	190.649	38.068	750.145	1.284.912
Carrières	12.324	103.518	20.121	155.818	291.781
Méricourt	86.306	125.430	31.228	652.558	895.522
Notre-Dame-de-la-Garenne	9.712	60.392	11.799	356.001	437.904
Amfreville	12.936	29.741	8.537	245.204	296.418
Chenal	155.394	136.407	41.041	263.744	596.586
					3.803.123

CHAPITRE 42

SYSTEME DES PEAGES ECONOMIQUES

En règle générale, la saturation d'une infrastructure de transport est un phénomène qui ne se manifeste qu'à certaines périodes, plus ou moins longues ; ces périodes voisinent avec des périodes d'utilisation incomplète de la capacité économique telle qu'elle a été définie dans la deuxième partie. La perception d'un péage pur a pour effet de provoquer le report d'une prestation de circulation déterminée soit d'une période sur une autre sur la même infrastructure soit d'un mode de transport sur un autre mode de transport. Très souvent d'ailleurs, ces deux effets se combinent, ce qui rend particulièrement difficile le traitement des cas correspondants.

En effet, ainsi qu'il a été exposé dans l'introduction à la troisième partie, les informations disponibles n'ont pas permis, dans le cadre de l'étude de la demande, d'approfondir le problème des élasticités de substitution entre périodes différentes.

A défaut de données sur ces élasticités, il ne peut être procédé à la détermination du niveau des péages économiques qui devraient être appliqués en définitive, compte tenu des réactions de la demande. Il n'a donc pas été possible d'appliquer le système des péages économiques selon les principes et méthodes exposés au chapitre 21 et on a été obligé, en vue de déterminer pratiquement les péages purs, de prendre les péages économiques égaux, en première approximation, au coût marginal social correspondant au trafic de saturation.

42.0 - Chemin de fer

Aucun phénomène de saturation économique ne se produit ni sur la ligne Paris-Le Havre ni sur les lignes Elbeuf-Oissel et Préauté-Gravenchon. Le problème de la détermination de péages purs est donc sans objet et le péage économique se réduit au coût marginal d'usage.

2.1 - Route

La notion de capacité économique est définie dans la deuxième partie (chapitre 21).

Il a été admis conventionnellement que la fonction de saturation serait définie à l'aide des vitesses des diverses catégories de véhicules. Il convient de rappeler que dans l'exposé méthodologique (voir paragraphe 21.12), une autre solution a été envisagée quant au choix d'une fonction de saturation selon laquelle cette fonction pourrait être définie à partir de qualités de service différentes selon la période (par exemple week-ends, matin ou soir, période des vacances). En définitive, seule la première méthode a été retenue car elle a paru la plus conforme aux impératifs du système des péages économiques.

On a retenu une contrainte sur la vitesse de chaque catégorie de véhicules.

Pour assurer une qualité de service minimale à chaque catégorie, on fixe un niveau minimum de vitesse qui doit être assuré et connu à l'avance.

Niveaux de saturation

Le choix du niveau minimum de vitesse est aussi conventionnel. Il peut correspondre à certaines options sur la sécurité de la circulation.

Dans l'étude pilote, les caractéristiques suivantes ont été retenues pour mener les calculs. Il convient de remarquer encore une fois que les vitesses minimales n'ont aucune justification absolue (1).

(1) Les vitesses limites conduisent en moyenne à des capacités économiques voisines des capacités pratiques admises en général.

Vitesses limites admissibles

Largeur de la route	Vitesses minimales admissibles en km/h	
	Véhicules légers	Véhicules lourds
6,0 m	55	35
7,0 m	60	45
9,0 m	65	45
10,5 m	65	50

Trafic limite

Les lois d'écoulement du trafic, telles qu'elles sont présentées dans l'annexe IV.4, permettent d'évaluer, en fonction de la composition du trafic, le trafic maximum qui peut passer à la vitesse limite. Il convient de noter que chacune des contraintes permet d'évaluer un trafic limite.

Trafic limite correspondant au niveau de service défini précédemment en fonction de la composition de la circulation (en véhicules/heure)

Largeur de la route	$\alpha(1) = 0\%$ $\alpha = 5\%$ $\alpha = 10\%$ $\alpha = 15\%$							
	Nombre de véhicules admissibles							
6,0 m	1.000	1.100	900	1.000	750	900	700	850
7,0 m	1.000	1.400	950	1.300	900	1.250	800	1.200
9,0 m	1.600	1.700	1.500	1.650	1.400	1.600	1.300	1.500
10,5 m	1.600	2.100	1.500	2.000	1.450	1.900	1.400	1.800

(1) α = pourcentage de poids lourds

Remarques

1. Dans le cas d'une chaussée de 6,0 m de large, et en l'absence de tout véhicule lourd, on peut admettre au plus 1.000 véhicules légers, si l'on veut leur assurer une vitesse minimale. Si l'on introduit un véhicule lourd et que l'on place la contrainte de vitesse minimale sur ce véhicule, on pourra admettre 1.100 véhicules.

2. La contrainte de vitesse relative aux véhicules lourds ne limite jamais la vitesse.

Il en résulte que les vitesses minimales réelles des poids lourds sont en réalité légèrement supérieures aux vitesses limites.

3. Si on admet un pourcentage moyen de poids lourds de 15%, la capacité économique ainsi définie est voisine de la capacité pratique habituellement admise.

4. Les courbes débits-vitesses qui conduisent aux trafics limites ne sont des approximations de la réalité que dans un domaine de débits faibles et moyens.

Pour les forts débits, les ajustements surestiment la vitesse des véhicules. Aussi les trafics limites calculés ici sont-ils certainement assez surestimés.

Niveau du péage économique

En première approximation, on pourra admettre que le coût marginal social constitue une approximation par défaut du péage économique.

Le calcul du niveau de péage a été conduit comme il est précisé dans la partie des coûts marginaux sociaux.

Niveau des coûts marginaux de congestion (en centimes) au voisinage de la saturation en fonction de la composition de la circulation

Largeur de la route	Composition de la circulation							
	$\alpha(1) = 0\%$		$\alpha = 5\%$		$\alpha = 10\%$		$\alpha = 15\%$	
	VL	PL	VL	PL	VL	PL	VL	PL
6,0 m	2,0	7,9	2,1	7,9	2,1	7,7	2,0	7,1
7,0 m	1,5	4,0	1,5	4,0	1,5	4,0	1,4	3,5
9,0 m	1,8	4,2	1,8	4,1	1,8	4,0	1,9	4,4
10,5 m	1,4	2,9	1,3	2,7	1,3	2,7	1,4	3,0

(1) = pourcentage de poids lourds

.../...

Niveau des péages économiques (en centimes) le long de la contrainte de saturation en fonction de la composition de la circulation

Le péage économique est égal au coût marginal social en première approximation.

Il a été procédé à une pondération du coût marginal d'usage entre catégories de poids lourds. Ce coût est égal à 4,9 centimes par véhicule-km.

Largeur de la voie	$\alpha (1) = 0\%$		$\alpha = 5\%$		$\alpha = 10\%$		$\alpha = 15\%$	
	VL	PL	VL	PL	VL	PL	VL	PL
6,0 m	3,23	18,8	3,33	18,8	3,33	18,6	3,23	18,0
7,0 m	1,83	13,2	1,83	13,2	1,83	13,2	1,73	12,7
9,0 m	2,03	12,7	2,03	12,6	2,03	12,5	2,13	12,9
10,5 m	1,88	10,3	1,78	10,1	1,78	10,1	1,88	10,4

(1) α = pourcentage de poids lourds

42.2 - Voie navigable

Il a été convenu de définir la capacité économique d'un groupe d'écluses à l'aide des grandeurs physiques directement mesurables que sont les temps de franchissement des ouvrages par les diverses catégories de bateaux.

Pour ne particulariser aucune catégorie de bateaux, il est nécessaire d'imposer une limite supérieure au temps de franchissement, qui est a priori différente suivant le type de bateaux.

Les contraintes ainsi définies, s'expriment sous la forme analytique suivante :

$$t_j(Q_j, Q_i, Q_n) \leq t_j \max \quad j : 1 \text{ à } n$$

t_j temps de franchissement de la catégorie j

$t_j \max$ temps maximal admissible

Q_i trafic moyen horaire des bateaux de catégorie i .

NIVEAU DE SATURATION

La saturation est atteinte lorsque l'une des fonctions ci-dessus au moins a une probabilité déterminée d'atteindre une valeur maximum.

Le temps maximum de franchissement est déterminé par les deux éléments suivants:

1. le temps d'inversion et le temps de manoeuvre total (temps de mise en place et temps de sortie) sont calculés pour chaque sas pour le remplissage maximum ;
2. le temps d'attente maximum est pris égal à un demi-cycle d'éclusage.

Dans ces conditions, le niveau de saturation est atteint dès que le temps de franchissement d'une catégorie quelconque de bateaux atteint deux fois le temps d'inversion et le temps de manoeuvre.

Temps minimum de franchissement, en minutes,
des groupes d'écluses pour chaque catégorie de bateaux
(temps d'inversion + temps de manoeuvre)

Ecluses	Convois poussés	Automoteurs de Seine	Automoteurs de canal
Carrières	14,0	7,0	6,0
Andrésey	14,0	12,5	12,5
Méricourt	11,5	11,0	11,0
Notre-Dame-de-la-Garenne	14,0	8,0	6,0
Amfreville	15,0	14,0	14,0

Niveau maximum du temps de franchissement

Ecluses	Niveau de saturation en minutes
Carrières	28
Andrésey	28
Méricourt	23
Notre-Dame-de-la-Garenne	28
Amfreville	30

.../...

EVALUATION DES PEAGES ECONOMIQUES

En première approximation, on peut admettre que le coût marginal social constitue une approximation par défaut du péage économique.

Le tableau ci-après donne les trafics limites et les temps maximums de franchissement en supposant que la composition du trafic est inchangée par rapport à la situation actuelle.

Ecluses	Trafic maximum en bateaux/heure			Temps maximum (en minutes)		
	Convois poussés	Auto- moteurs de Seine	Auto- moteurs de canal	Convois poussés	Auto- moteurs de Seine	Auto- moteurs de canal
Carrières (1)	0,21	0,58	4,50	28,0	19,2	14,7
Andrésey (1)	0,47	0,41	2,56	28,0	24,7	23,4
Méricourt (1)	0,66	1,00	4,20	21,0	21,6	22,0
Notre-Dame-de-la Garenne	0,96	1,56	6,60	28,0	18,9	16,7
Amfreville	0,37	0,92	3,40	30,0	29,5	27,6

Remarques:

Les résultats numériques sont déduits des lois de temps de franchissement des groupes d'écluses en fonction du trafic.

On admet que ces lois peuvent être extrapolées jusqu'au domaine de la capacité économique.

Cette dernière hypothèse n'a pas pu être vérifiée dans l'état actuel des travaux.

(1) Les groupes de Carrières, Andrésey, Méricourt sont déjà saturés dans la situation actuelle au sens défini ci-dessus.

Niveau des coûts de congestion au voisinage de la capacité économique
en francs par bateau

Ecluses	Convois poussés	Automoteurs de Seine	Automoteurs de canal
Carrières	16,33	11,70	31,00
Andrézy	40,33	16,70	13,70
Méricourt	10,34	8,64	9,34
Notre-Dame-de-la-Garenne	11,31	8,30	9,36
Amfreville	11,01	4,48	7,94

Niveau des péages économiques (en francs) par bateau le long de la contrainte
de saturation

Le péage économique est égal au coût marginal social en première approximation

Ecluses	Convois poussés	Automoteurs de Seine	Automoteurs de canal
Carrières	17,2	12,1	31,4
Andrézy	40,9	17,0	14,0
Méricourt	11,0	9,0	9,8
Notre-Dame-de-la-Garenne	12,0	8,7	9,8
Amfreville	11,7	4,9	8,2

(1) La raison pour laquelle le coût marginal de congestion des automoteurs de canal est supérieur à celui des automoteurs de Seine est donnée dans la note du bas de la page 310.

CHAPITRE 43

SYSTEME DE L'EQUILIBRE BUDGETAIRE

43.0 - Présentation générale

La définition des principes de base du système de l'équilibre budgétaire est donnée dans le chapitre 22, section 22.0.

Ainsi qu'il y est précisé, on n'a retenu comme base pour la mise en oeuvre du système de l'équilibre budgétaire que le système des coûts marginaux sociaux. Par ailleurs, deux variantes extrêmes ont été étudiées : l'équilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt et l'équilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt. Pour les deux méthodes, la somme à couvrir chaque année comprend les dépenses d'entretien et de fonctionnement et les frais généraux. En ce qui concerne les dépenses relatives aux constructions nouvelles et aux renouvellements⁽¹⁾, qui seront dénommées par la suite "dépenses d'investissement", différentes hypothèses ont été envisagées selon les variantes retenues et les modes de transport; elles sont exposées ci-après dans les paragraphes 43.00 et 43.01. Pour l'établissement des prix à percevoir pour l'utilisation des infrastructures, le total des dépenses à couvrir a été confronté avec les montants annuels des coûts marginaux sociaux. Le déficit a été réparti proportionnellement aux coûts marginaux sociaux, cette solution ne constituant qu'une possibilité parmi d'autres et ne bénéficiant d'aucune préférence du point de vue théorique.

L'application du système de l'équilibre budgétaire ne porte que sur les sections d'infrastructure pour lesquelles on a pu déterminer les coûts marginaux de congestion. En ce qui concerne le chemin de fer, elle ne porte que sur la ligne Mantes-Le Havre.

(1) Les dépenses relatives à la réparation des dommages de guerre causés aux installations d'infrastructure n'ont été prises en compte pour aucun des modes de transport.

43.00 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt

Pour la mise en oeuvre de cette variante, on a pris en compte, pour l'année 1965, au titre des dépenses d'investissement, la moyenne intertemporelle des dépenses d'investissement effectuées sur une période de cinq ans, et plus dans certains cas, cette période incluant l'année de référence. Il n'a pas été possible, compte tenu de la différence de situation des infrastructures des trois modes de transport, de choisir une durée uniforme pour le calcul de cette moyenne et on s'est basé, dans chaque cas, sur la durée qui a paru la plus appropriée.

43.01 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt

Les charges financières relatives aux investissements du passé ont été déterminées à partir des deux hypothèses suivantes :

- les investissements annuels sont couverts par des emprunts à 7 % remboursables en vingt ans à partir de la sixième année ;
- l'annuité d'amortissement du capital est constante.

Le calcul des charges financières implique la connaissance des emprunts passés. La méthode adoptée dans l'étude pilote est fondée sur l'analyse des séries temporelles des dépenses d'investissement effectuées de 1940 à 1965. Les investissements sont ceux qui ont été effectivement réalisés sur l'axe Paris-Le Havre en ce qui concerne le chemin de fer et la voie navigable et dans la France entière pour ce qui est de la route. Les séries chronologiques des dépenses d'investissement effectuées pour les trois modes de transport sont reproduites dans les paragraphes consacrés à chacun d'eux.

.../...

Lorsqu'il n'apparaît aucune tendance fondamentale dans l'évolution des investissements, le calcul des charges financières a été conduit année par année; c'est le cas pour le chemin de fer et la voie navigable.

Pour la route, l'analyse des séries temporelles des dépenses d'investissement effectuées pour l'ensemble du réseau routier français a permis de dégager une loi de croissance des investissements. On a admis que l'évolution des dépenses d'investissement sur l'axe Paris-Le Havre était identique à celle constatée pour l'ensemble de la France.

43.1 - Chemin de fer

Le montant des dépenses d'entretien et de fonctionnement ainsi que des frais généraux, pour les sections Mantes-Sotteville et Sotteville-Le Havre, est le même que celui retenu dans le système du coût total, soit 22,47 millions de francs (voir tableau de la page 350). Ce montant est relatif aux deux sections considérées ainsi qu'aux triages de Sotteville et du Havre-Soquence.

Le montant annuel des coûts marginaux sociaux est de 3,88 millions de francs (voir tableau de la page 273).

Ces deux données sont identiques pour les deux variantes.

43.10 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt

La moyenne intertemporelle des dépenses d'investissement effectuées de 1963 à 1967 est de 57,75 millions de francs.

Le bilan pour l'année 1965 s'établit donc ainsi (en millions de francs) :

Dépenses d'entretien et de fonctionnement	22,47
Dépenses d'investissement	57,75
	<hr/>
Dépenses totales	80,22
Montant des coûts marginaux sociaux	3,88
	<hr/>
Déficit	76,34
Coefficient de répartition du déficit au prorata des coûts marginaux sociaux	19,68 ⁽¹⁾

(1) Pour obtenir directement le tarif d'équilibre budgétaire à partir du coût marginal social, il faut multiplier ce dernier par ce coefficient augmenté d'une unité. Cette remarque vaut évidemment pour les deux variantes du système et les trois modes de transport.

43.11 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt

Evolution des dépenses d'investissement sur l'axe

Il ne se dégage aucune tendance régulière sur la période 1940 - 1965, comme on peut le vérifier sur la série chronologique des investissements reproduite ci-après :

Années	Montants en francs	Années	Montants en francs
1940	38.000	1954	8.357.000
1941	1.000	1955	7.472.000
1942	68.000	1956	8.385.000
1943	5.000	1957	8.499.000
1944	73.000	1958	10.919.000
1945	-	1959	5.773.000
1946	310.000	1960	2.393.000
1947	132.000	1961	8.783.000
1948	1.085.000	1962	8.323.000
1949	3.608.000	1963	29.890.000
1950	2.611.000	1964	54.069.000
1951	3.934.000	1965	64.105.000
1952	3.516.000	1966	92.428.000
1953	3.705.000	1967	48.264.000

Evaluation de la charge financière pour 1965

Le calcul est fait directement pour la période 1940 - 1964. Ainsi qu'il a déjà été précisé, on admet que les investissements annuels sont couverts par des emprunts à 7 % remboursables en vingt ans à partir de la sixième année et que l'annuité d'amortissement du capital est constante.

.../...

L'expression analytique de la charge financière F_T est la suivante :

$$F_T = \frac{1}{20} \sum_{t=40}^{t=59} I_t + \sum_{t=40}^{t=64} \alpha I_t - \frac{\alpha}{20} (I_{58} + 2 I_{57} + \dots + 19 I_{40})$$

où t : année de référence

I_t : investissement de l'année t

α : taux d'intérêt, soit 7 %.

Valeur numérique de la charge financière pour 1965 :

$$F_{1965} = 14,47 \text{ millions de francs.}$$

Le bilan pour l'année 1965 s'établit ainsi (en millions de francs) :

Dépenses d'entretien et de fonctionnement	22,47
Charges financières des emprunts	14,47
	<hr/>
Dépenses totales	36,94
Montant des coûts marginaux sociaux	3,88
	<hr/>
Déficit	33,06
Coefficient de répartition du déficit au prorata des coûts marginaux sociaux	8,52.

Les tarifs résultant de l'application du système de l'équilibre budgétaire avec et sans possibilité d'emprunt sont repris dans les tableaux des pages suivantes.

.../...

Système de l'équilibre budgétaire - Chemin de fer

Détermination des tarifs selon les deux variantes, par sections et par train-km

en francs

Sections	Voyageurs R.E.			Voyageurs omnibus		
	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
Mantes - Sotteville	0,823	17,020	7,835	0,206	4,260	1,961
Sotteville - Le Havre	0,677	14,000	6,445	0,223	4,612	2,123

Système de l'équilibre budgétaire - Chemin de fer						
Détermination des tarifs selon les deux variantes, par sections et par train-km						
en francs						
Sections	Marchandises R.A.			Marchandises R.C.		
	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
Mantes - Sotteville	0,820	16,958	7,806	1,761	36,417	16,765
Sotteville - Le Havre	0,769	15,903	7,321	1,419	29,345	13,509

43.2 - Route

L'application du système de l'équilibre budgétaire porte sur l'ensemble du réseau routier retenu dans l'étude pilote.

Le montant des dépenses d'entretien et de fonctionnement ainsi que des frais généraux a été pris égal à celui retenu dans le système du coût total, soit 9,11 millions de francs (voir tableau de la page 365). Le montant des dépenses d'investissement a été déterminé comme il est exposé ci-après.

Le montant annuel des coûts marginaux sociaux est de 31,35 millions de francs (voir tableaux des pages 297 et 299). Ces données sont identiques pour les deux variantes.

43.20 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt

Le montant des dépenses d'investissement pris en compte a été déterminé à partir des réponses aux questionnaires fournies par les services des ponts et chaussées des trois départements concernés. Il représente une moyenne des investissements réalisés ou à réaliser au cours de la période 1960 - 1970 et s'élève à 43,56 millions de francs. Ces dépenses comprennent les dépenses d'investissement relatives à l'autoroute A 13 (depuis Orgeval jusqu'à Tancarville).

Le bilan pour l'année 1965 s'établit donc ainsi (en millions de francs) :

Dépenses d'entretien et de fonctionnement	9,11
Dépenses d'investissement	43,56
	<hr/>
Dépenses totales	52,67
Montant des coûts marginaux sociaux	31,35
	<hr/>
Déficit	21,32
Coefficient de répartition du déficit au prorata des coûts marginaux sociaux	0,68.

.../...

43.21 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt

Evolution des dépenses d'investissement pour l'ensemble de la France

Pour le calcul des charges financières relatives aux emprunts, outre l'hypothèse concernant les modalités de remboursement des emprunts, on a admis que l'évolution des dépenses sur l'axe était la même que celle qui se dégage au niveau de la France entière. De plus, la tendance constatée sur la période 1952 - 1967 a été extrapolée à la période 1940 - 1965.

La série chronologique des investissements reproduite ci-après concerne la France entière.

Années	Montant en francs	Années	Montant en francs
1952	239.000.000	1960	432.000.000
1953	267.000.000	1961	1.232.000.000
1954	387.000.000	1962	1.226.000.000
1955	563.000.000	1963	1.655.000.000
1956	519.000.000	1964	1.877.000.000
1957	478.000.000	1965	2.455.000.000
1958	342.000.000	1966	3.113.000.000
1959	377.000.000	1967	3.463.000.000

Une étude de corrélation montre que la tendance exponentielle est la plus significative :

La formule ajustée est de la forme :

$$I_t = I_0 \cdot e^{kt}$$

.../...

- où t : année de l'investissement
 I_t : investissement au cours de l'année t
 I_0 : investissement de l'année initiale
 k : taux relatif de progression des investissements
 e : base des logarithmes népériens.

Sur la période 1952 - 1967, l'ajustement donne les résultats suivants :

$$k = 0,163.$$

$$\text{Coefficient de corrélation } R = 0,90.$$

L'extrapolation de la tendance ainsi dégagée à la période 1940 - 1965 conduit à une valeur I_0 de 38 millions de francs, I_0 étant l'investissement de 1940.

Evaluation de la charge financière pour 1965

On a calculé séparément les charges financières relatives à l'autoroute A 13 et celles des routes nationales.

Pour l'autoroute A 13, aucun investissement n'a été effectué avant 1960; le calcul des charges financières se réduit donc à un calcul de charges d'intérêt.

Le montant des dépenses d'investissement effectuées sur cet ouvrage de 1960 à 1964 est de 45,34 millions de francs; la charge d'intérêt correspondante pour 1965 s'établit donc à $\frac{7}{100} \times 45,34 = 3,17$ millions de francs.

En ce qui concerne les routes nationales, le calcul des charges financières est un calcul de charges d'investissements à croissance exponentielle sur une période de 25 ans. Il se présente sous la forme suivante :

$$F_T = I_0 \left[\alpha \cdot \frac{e^{25k} - e^{20k}}{e^k - 1} + \frac{1}{20} \cdot \frac{e^{20k} - 1}{e^k - 1} + \frac{\alpha}{20} \cdot \frac{19e^{21k} - 20e^{20k} + e^k}{(e^k - 1)^2} \right].$$

Cette formule comprend trois termes :

- les intérêts sur les emprunts de la période 1960 - 1964;
- le remboursement par $1/20^e$ des emprunts de la période 1940 - 1959;
- les intérêts sur la part non remboursée en 1965 des emprunts de la période 1940 - 1959.

A partir de la formule précédente et de la connaissance de la dépense d'investissement de 1965, soit 12,25 millions de francs (sur laquelle aucune charge d'intérêt n'est cependant prise en compte en raison de l'hypothèse admise d'après laquelle les dépenses d'une année t sont couvertes par un emprunt contracté au début de l'année $t + 1$), on calcule le montant de la charge financière pour 1965 de la façon ci-après :

$$F_T = I_{65} \left[\alpha \cdot \frac{1 - e^{-5k}}{e^k - 1} + \frac{1}{20} \cdot \frac{e^{-5k} - e^{-25k}}{e^k - 1} + \frac{\alpha}{20} \cdot \frac{19e^{-4k} - 20e^{-5k} + e^{-24k}}{(e^k - 1)^2} \right]$$

avec $\alpha = 7\%$ et $k = 0,163$

$$F_T = 0,46 I_{65}, \text{ soit } 5,63 \text{ millions de francs.}$$

Le montant total des charges financières pour 1965 pour les infrastructures routières de l'axe (autoroutes et routes nationales) est de

$$3,17 + 5,63 = 8,80 \text{ millions de francs.}$$

Le bilan pour l'année 1965 s'établit ainsi (en millions de francs) :

Dépenses d'entretien et de fonctionnement	9,11
Charges financières des emprunts	8,80
	<hr/>
Dépenses totales	17,91
Montant des coûts marginaux sociaux	31,35.

Le montant annuel des coûts marginaux sociaux dépasse de 13,44 millions de francs le montant total des dépenses qui découlent de la variante avec emprunt du système de l'équilibre budgétaire.

Il convient de rappeler que le système de l'équilibre budgétaire est un système de prix pour l'utilisation des infrastructures basé sur le système des péages économiques et dont l'application assure, pendant la période considérée, la couverture des dépenses par les recettes correspondant aux paiements des usagers des infrastructures (annexe 3 de la décision du Conseil n° 65/270/CEE). Il résulte de cette définition que l'équilibre budgétaire ne représente qu'une contrainte supplémentaire. En aucun cas, les prix à percevoir pour l'utilisation des infrastructures ne peuvent être inférieurs aux prix optimaux. Dans le cas présent, les tarifs à appliquer sont donc ceux résultant du système des coûts marginaux sur la base duquel l'étude du système de l'équilibre budgétaire a été effectuée.

Les tarifs résultant de l'application du système de l'équilibre budgétaire avec et sans possibilité d'emprunt sont repris dans les tableaux des pages 338 à 341.

Système de l'équilibre budgétaire - ROUTE

Détermination des tarifs, selon les deux variantes, par véhicule-km et par sections
Département de l'EURE

(en francs)

Sections	Véhicules légers			Poids lourds C.U. < 5 tonnes		
	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
1	0,0081	0,0136	0,0081	0,0346	0,0581	0,0346
3	0,0091	0,0153	0,0091	0,0586	0,0984	0,0586
4	0,0091	0,0153	0,0091	0,0586	0,0984	0,0586
5	0,0091	0,0153	0,0091	0,0586	0,0984	0,0586
6	0,0134	0,0225	0,0134	0,0669	0,1124	0,0669
7	0,0129	0,0217	0,0129	0,0658	0,1105	0,0658
8	0,0040	0,0067	0,0040	0,0490	0,0823	0,0490
9	0,0040	0,0067	0,0040	0,0490	0,0823	0,0490
14	0,0059	0,0099	0,0059	0,0524	0,0880	0,0524
15	0,0131	0,0220	0,0131	0,0672	0,1129	0,0672
16	0,0131	0,0220	0,0131	0,0662	0,1112	0,0662
17	0,0148	0,0249	0,0148	0,0694	0,1166	0,0694
18	0,0059	0,0099	0,0059	0,0524	0,0880	0,0524
19	0,0074	0,0124	0,0074	0,0563	0,0946	0,0563
20	0,0150	0,0252	0,0150	0,0698	0,1173	0,0698
21	0,0099	0,0166	0,0099	0,0606	0,1018	0,0606
22	0,0141	0,0237	0,0141	0,0684	0,1149	0,0684
23	0,0128	0,0215	0,0128	0,0664	0,1116	0,0664
24	0,0052	0,0087	0,0052	0,0512	0,0860	0,0512
25	0,0160	0,0269	0,0160	0,0720	0,1210	0,0720
26	0,0155	0,0260	0,0155	0,0712	0,1196	0,0712
27	0,0066	0,0111	0,0066	0,0540	0,0907	0,0540
28	0,0045	0,0076	0,0045	0,0497	0,0835	0,0497

Système de l'équilibre budgétaire - ROUTE

Détermination des tarifs, selon les deux variantes, par véhicule-km et par sections
Département de l'EURE (en francs)

	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes			Poids lourds C.U. > 10 tonnes		
	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
1	0,0573	0,0963	0,0573	0,1224	0,2056	0,1224
3	0,0838	0,1408	0,0838	0,1558	0,2617	0,1558
4	0,0838	0,1408	0,0838	0,1558	0,2617	0,1558
5	0,0838	0,1408	0,0838	0,1558	0,2617	0,1558
6	0,0881	0,1480	0,0881	0,1500	0,2520	0,1500
7	0,0866	0,1455	0,0866	0,1473	0,2475	0,1473
8	0,0698	0,1173	0,0698	0,1307	0,2196	0,1307
9	0,0698	0,1173	0,0698	0,1307	0,2196	0,1307
14	0,0750	0,1260	0,0750	0,1399	0,2350	0,1399
15	0,0885	0,1487	0,0885	0,1507	0,2532	0,1507
16	0,0872	0,1465	0,0872	0,1483	0,2491	0,1483
17	0,0920	0,1546	0,0920	0,1569	0,2636	0,1569
18	0,0750	0,1260	0,0750	0,1399	0,2350	0,1399
19	0,0795	0,1336	0,0795	0,1483	0,2491	0,1483
20	0,0926	0,1556	0,0926	0,1579	0,2653	0,1579
21	0,0862	0,1448	0,0862	0,1603	0,2693	0,1603
22	0,0902	0,1515	0,0902	0,1538	0,2584	0,1538
23	0,0874	0,1468	0,0874	0,1487	0,2498	0,1487
24	0,0730	0,1226	0,0730	0,1363	0,2290	0,1363
25	0,0953	0,1601	0,0953	0,1630	0,2738	0,1630
26	0,0941	0,1581	0,0941	0,1608	0,2701	0,1608
27	0,0768	0,1290	0,0768	0,1433	0,2407	0,1433
28	0,0710	0,1193	0,0710	0,1328	0,2231	0,1328

Système de l'équilibre budgétaire - ROUTE

Détermination des tarifs, selon les deux variantes, par véhicule-km et par sections
Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Sections	Véhicules légers			Poids lourds C.U. < 5 tonnes		
	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt ⁷	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
1	0,0049	0,0082	0,0049	0,0506	0,0850	0,0506
2	0,0101	0,0170	0,0101	0,0538	0,0904	0,0538
3	0,0072	0,0121	0,0072	0,0339	0,0570	0,0339
4	0,0077	0,0129	0,0077	0,0559	0,0939	0,0559
5	0,0107	0,0180	0,0107	0,0626	0,1052	0,0626
6	0,0135	0,0227	0,0135	0,0669	0,1124	0,0669
Département de la SEINE-MARITIME						
1	0,0075	0,0126	0,0075	0,0343	0,0576	0,0343
2	0,0069	0,0116	0,0069	0,0334	0,0561	0,0334
3	0,0150	0,0252	0,0150	0,0706	0,1186	0,0706
4	0,0051	0,0086	0,0051	0,0511	0,0858	0,0511
5	0,0046	0,0077	0,0046	0,0500	0,0840	0,0500
6	0,0133	0,0223	0,0133	0,0670	0,1126	0,0670
7	0,0130	0,0218	0,0130	0,0661	0,1110	0,0661
8	0,0064	0,0108	0,0064	0,0536	0,0900	0,0536
9	0,0058	0,0097	0,0058	0,0467	0,0785	0,0467
10	0,0087	0,0146	0,0087	0,0520	0,0874	0,0520
11	0,0025	0,0042	0,0025	0,0050	0,0084	0,0050
12	0,0041	0,0069	0,0041	0,0433	0,0727	0,0433
13	0,0134	0,0225	0,0134	0,0668	0,1122	0,0668

Système de l'équilibre budgétaire - ROUTE

Détermination des tarifs, selon les deux variantes, par véhicule-km et par sections
Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes			Poids lourds C.U. > 10 tonnes		
	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt ?	Coût marginal social complet	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
1	0,0723	0,1215	0,0723	0,1350	0,2268	0,1350
2	0,0798	0,1341	0,0798	0,1541	0,2589	0,1541
3	0,0559	0,0939	0,0559	0,1200	0,2016	0,1200
4	0,0798	0,1341	0,0798	0,1485	0,2495	0,1485
5	0,0887	0,1490	0,0887	0,1651	0,2774	0,1651
6	0,0883	0,1483	0,0883	0,1503	0,2525	0,1503

Département de la SEINE-MARITIME

1	0,0564	0,0948	0,0564	0,1210	0,2033	0,1210
2	0,0556	0,0934	0,0556	0,1187	0,1994	0,1187
3	0,0928	0,1559	0,0928	0,1587	0,2666	0,1587
4	0,0728	0,1223	0,0728	0,1360	0,2285	0,1360
5	0,0713	0,1198	0,0713	0,1334	0,2241	0,1334
6	0,0880	0,1478	0,0880	0,1499	0,2518	0,1499
7	0,0870	0,1462	0,0870	0,1480	0,2486	0,1480
8	0,0764	0,1284	0,0764	0,1425	0,2394	0,1425
9	0,0692	0,1163	0,0692	0,1353	0,2273	0,1353
10	0,0765	0,1285	0,0765	0,1486	0,2496	0,1486
11	0,0253	0,0425	0,0253	0,0851	0,1430	0,0851
12	0,0647	0,1087	0,0647	0,1271	0,2135	0,1271
13	0,0881	0,1480	0,0881	0,1500	0,2520	0,1500

43.3. - Voie navigable

L'application du système de l'équilibre budgétaire porte sur l'ensemble des installations d'infrastructure de la Basse-Seine (écluses et chenal).

Le montant des dépenses d'entretien et de fonctionnement ainsi que des frais généraux est le même que celui pris en compte dans le système du coût total, soit 6,31 millions de francs (voir tableau de la page 381). Les dépenses d'investissement ne comprennent aucune dépense de renouvellement, car aucun renouvellement n'a été effectué pendant la période de référence.

Le montant annuel des coûts marginaux sociaux est de 3,80 millions de francs (voir tableau de la page 314).

Ces données sont identiques pour les deux variantes.

43.30 - Equilibre budgétaire sans possibilité d'emprunt

Les investissements étant très discontinus, le calcul d'un coût d'investissement intertemporel est nécessaire. Pour chacun des grands travaux exécutés au cours de la période incluant l'année de référence, on a pris en compte une dépense d'investissement moyenne égale au quotient de la dépense totale d'investissement par la durée de réalisation des travaux exprimée en années. La détermination de la valeur moyenne retenue pour 1965 est exposée dans le tableau ci-après qui contient le relevé de toutes les dépenses d'investissement effectuées pendant la période considérée.

	Montant total de l'investissement (MF)	Durée des travaux	Valeur moyenne retenue pour 1965 (en MF)
Andrésy	11	8	1,37
Méricourt	46,8	8	5,85
Notre-Dame-de-la- Garenne	15	6	2,50
Signaux et balises			0,34
		Total	10,06

Le bilan pour l'année 1965 s'établit donc ainsi (en millions de francs) :

Dépenses d'entretien et de fonctionnement	6,31
Dépenses d'investissement	10,06
	<hr/>
Dépenses totales	16,37
Montant des coûts marginaux sociaux	3,80
	<hr/>
Déficit	12,57
Coefficient de répartition du déficit au prorata des coûts marginaux sociaux	3,31

43.31 - Equilibre budgétaire avec possibilité d'emprunt

Evolution des dépenses d'investissement sur l'axe

Il ne se dégage aucune tendance régulière sur la période des vingt dernières années, comme on peut le vérifier sur la série chronologique des investissements reproduite ci-après. Il est à remarquer qu'il n'y a pas eu de dépenses d'investissement de 1940 à 1946.

.../...

Années	Montant en francs	Années	Montant en francs
1947	52.000	1958	850.000
1948	78.000	1959	1.600.000
1949	-	1960	22.500.000
1950	23.000	1961	31.700.000
1951	565.000	1962	13.000.000
1952	-	1963	55.600.000
1953	260.000	1964	6.000.000
1954	-	1965	5.500.000
1955	72.000	1966	1.000.000
1956	211.000	1967	1.000.000
1957	309.000		

Evaluation de la charge financière pour 1965

Le calcul est fait directement pour la période 1947-1964. Les conditions d'emprunt sont identiques à celles qui ont été retenues pour les deux autres modes de transport.

Avec les notations déjà définies, l'expression analytique de la charge financière est la suivante :

$$F_T = \sum_{t=47}^{t=64} I_t + \frac{1}{20} \sum_{t=47}^{t=59} I_t - \frac{1}{20} (I_{58} + 2 I_{57} + \dots + 12 I_{47}).$$

Valeur numérique de la charge financière pour 1965 :

$$F_{1965} = 9,46 \text{ millions de francs.}$$

.../...

Le bilan pour l'année 1965 s'établit ainsi (en millions de francs) :

Dépenses d'entretien et de fonctionnement	6,31
Charges financières des emprunts	9,46
	<hr/>
Dépenses totales	15,77
Montant des coûts marginaux sociaux	3,80
	<hr/>
Déficit	11,97
Coefficient de répartition du déficit au prorata des coûts marginaux sociaux	3,15.

Les tarifs résultant de l'application du système de l'équilibre budgétaire avec et sans possibilité d'emprunt sont repris dans les tableaux des pages suivantes.

Système de l'équilibre budgétaire - Voie navigable

Détermination des tarifs, selon les deux variantes, par catégories de bateaux
en francs

Groupes d'écluses	Convois poussés			Automoteurs de Seine		
	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
Andrézy	63,43	273,38	263,23	26,34	113,53	109,31
Carrières	18,96	81,72	78,68	13,53	58,31	56,15
Méricourt	12,87	55,47	53,41	10,60	45,69	43,99
Notre-Dame-de-la-Garenne	8,28	35,69	34,36	5,94	25,60	24,65
Amfreville	10,78	46,46	44,74	4,79	20,64	19,88
Chenal	0,23	0,99	0,95	0,07	0,30	0,29

Tarifs par bateau pour les écluses, par bateau-km pour le chenal.

Système de l'équilibre budgétaire

Détermination des tarifs, selon les deux variantes, par catégories de bateaux
en francs

Groupes d'écluses	Caboteurs			Automoteurs de canal		
	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt	Coût marginal social	Tarif variante sans emprunt	Tarif variante avec emprunt
Andrézy	26,29	113,31	109,10	21,59	93,05	89,60
Carrières	13,45	57,97	55,82	3,89	16,77	16,14
Méricourt	10,55	45,47	43,78	11,37	49,00	47,19
Notre-Dame-de-la-Garenne	5,85	25,21	24,28	6,61	28,49	27,43
Amfreville	4,74	20,43	19,67	7,62	32,84	31,62
Chenal	0,10	0,43	0,42	0,03	0,13	0,12

Tarifs par bateau pour les écluses, par bateau-km pour le chenal.

CHAPITRE 41

SYSTEME DU COUT TOTAL

44.0 - Chemins de fer

44.00 - Détermination des coûts globaux

Le calcul des coûts globaux du chemin de fer a été effectué selon les principes exposés dans le chapitre 23, section 23.1.

La détermination de la valeur de remplacement, et éventuellement de la valeur de récupération, des installations ou parties d'installations d'infrastructure a été effectuée à partir des données recueillies dans les questionnaires établis à cet effet par les services compétents de la S.N.C.F. et dont un modèle est reproduit dans l'annexe IV. 9. Ce questionnaire respecte le schéma figurant dans l'annexe 1 de la décision n° 65/270/CEE du Conseil du 13 mai 1965, mais des différenciations plus poussées ont été introduites pour tenir compte des valeurs unitaires ou des durées de vie différentes d'installations ou de parties d'installations reprises dans un même poste du schéma précité. De plus, en ce qui concerne les ouvrages d'art de croisement, des distinctions ont été opérées selon que ces ouvrages étaient destinés au franchissement de routes, de voies navigables, de voies non reprises dans l'étude ou propres aux besoins du chemin de fer (ouvrages de franchissement de voies ferrées entre elles).

En ce qui concerne le poste "Installations de traction électrique", l'électrification de la ligne Paris-Le Havre a été considérée comme terminée.

Les charges d'entretien ont été déterminées par extrapolation d'une moyenne des dépenses réelles d'une section administrative de la ligne Paris-Le Havre constatées au cours des années 1960 à 1965. La moyenne ainsi obtenue a été confrontée avec les charges découlant de l'application des normes d'entretien, de façon à éliminer l'incidence de facteurs aléatoires.

Les charges de fonctionnement comprennent les dépenses relatives au fonctionnement des passages à niveau, de la signalisation, des télécommunications, des installations de traction électrique et d'éclairage ainsi que les frais généraux.

Les coûts de capital ont été déterminés sur la base d'une part de la valeur de remplacement et, d'autre part, de la valeur de récupération. Dans le premier cas, on a utilisé la formule classique d'annuités constantes:

$$a = \frac{(A - R)i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} + Ri.$$

Dans le second cas, les charges de capital ont été prises égales au terme Ri .

Le taux d'intérêt retenu est de 7 %.

Les durées de vie sont celles qui ont été arrêtées dans le cadre des travaux communautaires sur les coûts d'infrastructure.

Par ailleurs, aucune fonction étrangère au transport n'a été prise en considération pour les infrastructures ferroviaires. Il s'est posé par contre un problème pour les ouvrages de croisement route - chemin de fer (y compris donc les passages à niveau); les coûts communs relatifs à ces ouvrages ont été répartis à raison de 50 % sur chacun des deux modes de transport. Pour ce qui est des ouvrages d'art établis au-dessus de la Seine, on n'a imputé à la voie navigable que la moitié des dépenses supplémentaires provoquées par la présence de la navigation.

Les résultats des calculs des coûts globaux sont repris dans le tableau de la page suivante.

Système du coût total - Chemin de fer

Coûts globaux par sections

en francs, par an

Sections	Charges de capital		Autres coûts			Coût total	
	sur la valeur de remplacement	sur la valeur de récupération	Entretien	Fonctionnement Frais généraux	Total	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération
Achères- Mantes	10.724.097	1.033.335	2.859.700	2.336.200	5.195.900	15.919.997	6.229.235
Mantes- Sotheville	23.501.070	1.361.817	4.583.600	2.909.700	7.493.300	30.994.370	8.855.117
Sotheville- Le Havre	32.875.870	1.758.268	6.517.100	3.723.300	10.240.400	43.116.270	11.998.668
Bréauté- Gravenchon	1.846.824	98.697	489.200	178.800	668.000	2.514.824	766.697
Elbeuf- Oissel	711.979	81.757	423.200	155.800	579.000	1.290.979	660.757
Triages : Sotheville - Le Havre-Soquence	12.191.564	1.169.069	2.035.200	2.705.200	4.740.400	16.931.964	5.909.469
Total	81.851.404	5.502.943	16.908.000	12.009.000	28.917.000	110.768.404	34.419.943

44.01 - Détermination des coûts d'usage et des coûts de capacité

Ainsi qu'il est indiqué dans le paragraphe 23.30, les coûts d'usage ont été assimilés aux coûts marginaux d'usage. Dans l'hypothèse où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de remplacement, les coûts de capacité sont égaux à la différence entre les coûts globaux (annuité d'amortissement et d'intérêt + dépenses d'entretien et de fonctionnement et frais généraux) et les coûts marginaux d'usage. Dans le cas où les charges de capital sont égales au terme R_i , les coûts de capacité sont égaux à ce terme R_i auquel on ajoute les dépenses d'entretien et de fonctionnement et les frais généraux⁽¹⁾. Les montants des coûts de capacité à répartir sont repris dans le tableau de la page 353.

44.02 - Répartition des coûts de capacité

Les coûts de capacité des infrastructures ferroviaires ont été répartis entre les différentes catégories de trafic selon les principes exposés dans le paragraphe 23.31.1. Trois catégories de circulations de trains ont été distinguées: les trains de voyageurs rapides et express, les trains de voyageurs omnibus et les trains de marchandises. Sur la ligne Bréauté - Gravenchon, on n'a pris en considération que le trafic marchandises, le trafic de trains de voyageurs étant négligeable et limité de toute façon à une petite portion de cette ligne.

La solution adoptée pour la répartition des coûts de capacité des infrastructures ferroviaires faisant intervenir l'occupation physique de la capacité, il a été procédé au choix d'une journée de référence pour laquelle on a mesuré l'occupation de l'infrastructure par chacune des catégories de trains sur chacune des sections étudiées. Cette journée a été divisée en 12 périodes de 2 heures. Les tableaux de l'annexe IV.10 indiquent pour chacune de ces périodes le nombre de minutes-trains des trains de voyageurs et des trains de marchandises. Pour la

(1) Dans cette hypothèse, le coût marginal d'usage qui, pour le chemin de fer, est uniquement un coût marginal de renouvellement, n'intervient pas.

répartition des coûts entre les périodes, celles-ci ont été classées dans l'ordre croissant du nombre de mt de la catégorie "trains de voyageurs". Cette présentation a permis de déterminer la part d'un coût journalier de 1.000 francs imputable à chacune des catégories de trains et ce pour chaque section de ligne. Les résultats de ces calculs sont repris dans les tableaux de l'annexe IV. 11.

La répartition des coûts de capacité entre les différentes catégories de trains a été effectuée par l'application des pourcentages précités aux coûts de capacité de chaque section. Le coût ainsi obtenu a servi de base au calcul de la charge imputable au train-kilomètre. Les résultats de ces calculs figurent dans les tableaux des pages 354 à 359. Une distinction a été opérée tenant compte d'un calcul des charges de capital sur la base de la valeur de remplacement et sur la base de la valeur de récupération.

44.03 - Résultats d'ensemble

Dans les tableaux des pages 360 et 361, on a procédé à la détermination du coût total par train-kilomètre. Les résultats sont donnés par catégories de trains et pour les différentes sections. Dans le cas où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de remplacement, le coût total est égal à la somme du coût de capacité déterminé comme il a été indiqué au paragraphe 44.01 et du coût marginal d'usage. Dans le cas où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de récupération, le coût total est égal au coût de capacité défini au paragraphe 44.01.

Les coûts de capacité relatifs aux triages ont été répartis entre les wagons triés. Calculé sur la base de la valeur de remplacement, le coût de capacité imputable à un wagon est de 13,77 francs. Sur la base de la valeur de récupération, ce coût est de 4,80 francs.

Système du coût total - Chemin de fer				
Détermination des coûts de capacité, par sections				
en francs				
Sections	Coût total sur la base de la valeur de remplacement	Coût d'usage	Coût de capacité sur la base de la valeur de remplacement	Coût de capacité sur la base de la valeur de récapération
Achères-Mantes	15.919.997	1.552.570	14.367.427	6.229.235
Mantes-Sotteville	30.994.370	2.234.540	28.759.830	8.855.117
Sotteville-Le Havre	43.116.270	1.436.490	41.679.780	11.998.668
Elbeuf-Oissel	1.290.979	41.078	1.249.901	660.757
Bréauté-Gravenchon	2.514.824	24.466	2.490.358	766.697

Système du coût total - Chemin de fer					
Répartition des coûts de capacité, par sections et par catégories de trains Trains de voyageurs R.E. (en francs)					
Sections	Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de voyageurs R.E. (en ‰)	Coût de capacité total		Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de voyageurs R.E.	
		sur la base de la valeur de remplacement	sur la base de la valeur de récupération	base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération
Achères-Mantes	206,86	14.367.427	6.229.235	2.972.045	1.288.580
Mantes-Sotteville	324,37	28.759.830	8.855.117	9.328.826	2.872.334
Sotteville-Le Havre	313,03	41.679.780	11.998.668	13.047.022	3.755.943
Elbeuf-Oissel	65,12	1.249.901	660.757	81.394	43.028
Bréauté-Gravenchon	-	-	-	-	-

Système du coût total - Chemin de fer					
Répartition des coûts de capacité, par sections et par catégories de trains Trains de voyageurs omnibus (en francs)					
Sections	Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de voyageurs omnibus (en %) :	Coût de capacité total		Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de voyageurs omnibus	
		sur la base de la valeur de remplacement	sur la base de la valeur de récupération	base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération
Achères-Mantes	431,94	14.367.427	6.229.235	6.205.866	2.690.656
Mantes-Sotteville	193,63	28.759.830	8.855.117	5.568.766	1.714.616
Sotteville-Le Havre	397,97	41.679.780	11.998.668	16.587.302	4.775.110
Elbeuf-Oissel	674,38	1.249.901	660.757	842.908	445.601
Bréauté-Gravenchon	°	°	°	°	°

Système du coût total - Chemin de fer					
Répartition des coûts de capacité, par sections et par catégories de trains Trains de marchandises R.A. et R.O. (en francs)					
Sections	Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de marchandises R.A. et R.E. (en ‰)	Coût de capacité total		Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de marchandises R.A. et R.O.	
		sur la base de la valeur de remplacement	sur la base de la valeur de récupération	base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération
Achères-Mantes	361,20	14.367.427	6.229.235	5.189.516	2.249.999
Mantes-Sotteville	482,00	28.759.830	8.855.117	13.862.238	4.268.167
Sotteville-Le Havre	289,00	41.679.780	11.998.668	12.045.456	3.467.615
Elbeuf-Oissel	260,50	1.249.901	660.757	325.599	172.128
Bréauté-Gravenchon	1.000,00	2.490.358	766.697	2.490.358	766.697

Système du coût total - Chemin de fer					
Répartition du coût de capacité par train-kilomètre, par sections et par catégories de trains Trains de voyageurs R.E. (en francs)					
Sections	Trafic annuel (en milliers de trains-km)	Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de voyageurs R.E.		Coût de capacité par train-km	
		base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération	base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération
Achères- Mantes	450	2.972.046	1.288.580	6,605	2,863
Mantes- Sotteville	560	9.328.826	2.872.334	16,659	5,129
Sotteville- Le Havre	410	13.047.022	3.755.943	31,822	9,161
Elbeuf- Oissel	14	81.394	43.028	5,814	3,073
Bréauté- Gravenchon	-	-	-	-	-

Système du coût total - Chemin de fer					
Répartition du coût de capacité par train-kilomètre, par sections et par catégories de trains Trains de voyageurs omnibus (en francs)					
Sections	Trafic annuel (en milliers de trains-km)	Part du coût de capacité imputable au trafic de trains de voyageurs omnibus		Coût de capacité par train-kilomètre	
		base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération	base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération
Achères- Mantes	690	6.205.866	2.690.656	8,994	3,900
Mantes- Sotteville	380	5.568.766	1.714.616	14,655	4,512
Sotteville- Le Havre	730	16.587.302	4.775.110	22,722	6,541
Elbeuf- Oissel	96	842.908	445.601	8,780	4,642
Bréauté- Gravenchon	3	°	°	°	°

Système du coût total - Chemin de fer					
Répartition du coût de capacité par train-kilomètre, par sections et par catégories de trains Trains de marchandises R.A. et R.O. (en francs)					
Sections	Trafic annuel (en milliers de trains-km)	Part du coût de capacité imputable: au trafic de trains de marchandises: Coût de capacité par train-kilomètre:			
		R.A. et R.O.		R.A. et R.O.	
		base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération	base : valeur de remplacement	base : valeur de récupération
Achères- Mantes	760	5.189.516	2.249.999	6,828	2,961
Mantes- Sotteville	1.180	13.862.238	4.268.167	11,748	3,617
Sotteville- Le Havre	900	12.045.456	3.467.615	13,384	3,853
Elbeuf- Oissel	58	325.599	172.128	5,614	2,968
Bréauté- Gravenchon	60	2.490.358	766.697	41,606	12,778

Système du coût total - Chemin de fer

Coût total, par train-kilomètre, par sections et par catégories de trains

Base : valeur de remplacement

(en francs)

Sections	Trains de voyageurs						Trains de marchandises					
	R.E.			Omnibus			R.A.			R.O.		
	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total
Achères-Mantes	6,605	0,580	7,185	8,994	0,400	9,394	6,828	0,726	7,554	6,828	1,526	8,354
Mantes-Sotteville	16,659	0,674	17,333	14,655	0,191	14,846	11,748	0,777	12,525	11,748	1,741	13,489
Sotteville-Le Havre	31,822	0,637	32,459	22,722	0,179	22,901	13,384	0,751	14,135	13,384	1,356	14,740
Elbeuf-Oissel	5,814	0,128	5,942	8,780	0,067	8,845	5,614	0,275	5,889	5,614	0,655	6,269
Bréauté-Gravenchon	-	-	-	0	0,067	0,067	-	-	-	41,606	0,404	42,010

Système du coût total - Chemin de fer				
Coût total par train-kilomètre, par sections et par catégories de trains Base : valeur de récupération (en francs)				
Sections	Trains de voyageurs		Trains de marchandises	
	R.E.	Omnibus	R.A.	R.O.
Achères- Mantes	2,863	3,900	2,961	2,961
Mantes- Sotteville	5,129	4,512	3,617	3,617
Sotteville- Le Havre	9,161	6,541	3,853	3,853
Elbeuf- Oissel	3,073	4,642	2,968	2,968
Bréauté- Gravenchon	-	-	-	12,778

44.1 - Route

44.10 - Détermination des coûts globaux

Le calcul des coûts globaux de la route a été effectué selon les principes exposés dans le chapitre 23, section 23.1.

La détermination de la valeur de remplacement des installations d'infrastructure a été effectuée à partir des données recueillies dans les questionnaires établis à cet effet par les services d'études du ministère de l'équipement. Ces questionnaires ont été complétés par les services administratifs des arrondissements territoriaux des départements de l'Eure, de la Seine-Maritime et de la Seine-et-Oise. Un modèle de questionnaire est reproduit dans l'annexe IV.12. Il respecte sensiblement le schéma figurant dans l'annexe I de la décision n° 65/270/CEE du Conseil du 13 mai 1965, mais des différenciations plus poussées ont été introduites tenant compte notamment, pour les terrains, de la situation géographique des infrastructures et, pour les chaussées et les installations de signalisation, d'éclairage et de télécommunication, de l'importance du trafic.

D'une manière générale, les coûts des installations ont été obtenus de façon forfaitaire à partir des données relatives à des projets récents ou résultant de recensements partiels effectués dans le cadre de l'étude. La valeur de récupération des installations résulte d'estimations.

En ce qui concerne les charges d'entretien, les services locaux ont fourni des indications sur les dépenses effectives réalisées sur les diverses sections pendant les années 1960 à 1965. Les charges d'entretien prises en compte ont été calculées à l'échelon central à partir de ces renseignements ainsi que des premières conclusions tirées de l'examen des comptabilités analytiques mises en place à l'époque.

Une démarche identique a été suivie pour les charges de fonctionnement et les frais généraux.

Pour la détermination des charges de capital, on a utilisé la même méthode de calcul que celle exposée dans le paragraphe 44.00.

Par ailleurs, aucune fonction étrangère au transport n'a été prise en considération pour les infrastructures routières. Seule la voirie à l'intérieur des agglomérations pose un tel problème, mais comme les infrastructures de ce type reprises dans l'étude ne représentent qu'une faible part des chaussées urbaines de l'axe, le coût des fonctions autres que celle de transport peut être considéré comme négligeable, d'autant plus que pratiquement seul le coût des terrains est susceptible d'être réparti, les coûts de construction et d'entretien de ces chaussées étant imputables en totalité à la fonction transport.

En ce qui concerne les ouvrages de croisement, la méthode suivie est celle exposée au paragraphe 44.00.

Les résultats des calculs des coûts globaux sont repris dans les tableaux des pages 364 et 365.

44.11 - Détermination des coûts d'usage et de capacité

Ainsi qu'il est indiqué dans le paragraphe 23.30, les coûts d'usage ont été assimilés aux coûts marginaux d'usage. Dans l'hypothèse où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de remplacement, les coûts de capacité sont égaux à la différence entre les coûts globaux (annuité d'amortissement et d'intérêt + dépenses d'entretien et de fonctionnement et frais généraux) et les coûts marginaux d'usage (coût marginal de police, d'entretien et de renouvellement). Dans le cas où les charges de capital sont égales au terme R_i , les coûts de capacité sont égaux à la différence entre ce terme R_i auquel on ajoute les autres coûts annuels (entretien, fonctionnement et frais généraux) et les coûts marginaux d'usage non compris le coût marginal de renouvellement.

Système du coût total - Route

Coûts globaux par sections

Département de l'EURE

(en francs par an)

Sections	Charges de capital		Autres coûts			Coût total	
	sur la valeur de remplacement	sur la valeur de récupération	Entretien	Fonctionnement : Frais généraux	Total	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération
1	1.058.811	3.745	181.136	98.829	279.965	1.338.776	283.710
3	585.340	1.668	146.456	79.904	226.360	811.700	228.028
4	451.098	1.262	111.778	60.980	172.758	623.856	174.020
5	601.587	26	109.548	60.314	169.862	771.449	169.888
6	186.716	728	49.219	45.225	94.444	281.160	95.172
7	288.668	980	68.453	62.907	131.360	420.028	132.340
8	299.019	1.356	88.232	54.531	142.763	441.782	144.119
9	229.716	434	30.261	27.810	58.071	287.787	58.505
14	233.583	1.714	26.552	23.165	49.717	283.300	51.431
15	1.926.322	10.407	267.229	274.481	541.710	2.468.032	552.117
16	373.370	2.179	62.942	64.642	127.584	500.954	129.763
17	379.668	1.716	66.890	58.386	125.276	504.944	126.992
18	92.866	371	21.773	19.012	40.785	133.651	41.156
19	1.120.282	4.662	232.077	162.087	394.164	1.514.446	398.826
20	263.173	1.615	44.562	38.901	83.463	346.636	85.078
21	2.541.650	7.637	277.896	194.084	471.980	3.013.630	479.617
22	624.219	3.495	101.375	88.491	189.866	814.085	193.361
23	234.332	1.400	47.814	15.665	63.479	297.811	64.879
24	846.653	3.681	112.376	109.238	221.614	1.068.267	225.295
25	527.489	4.116	20.067	14.771	34.838	562.327	38.954
26	653.420	2.756	97.993	77.889	175.882	829.302	178.638
27	184.385	1.620	18.059	14.316	32.375	216.760	33.995
28	194.841	1.129	24.080	23.288	47.368	242.209	48.497
à reporter :	13.897.208		2.206.948	1.668.916	3.875.864	17.773.072	3.934.571

Système du coût total - Route								
Coûts globaux par sections								
Département de la SEINE-ET-OISE (en francs par an)								
Numéro de la section	Charges de capital		Autres coûts			Coût total		
	sur la valeur de remplacement	sur la valeur de récupération	Entretien	Fonctionnement : Frais généraux	Total	Base : valeur de remplacem.	Base : valeur de récupération	
1	1.018.492	331	33.280	221.442	254.722	1.273.214		255.053
2	4.846.109	16.181	120.275	245.816	366.091	5.212.200		382.272
3	1.555.060	8.648	254.700	152.623	407.323	1.962.383		415.971
4	1.548.273	3.047	26.570	101.049	127.619	1.675.892		130.666
5	406.361	1.107	10.705	32.801	43.506	449.867		44.613
6	844.898	443	90.050	104.601	194.651	1.039.549		195.094
Département de la SEINE-MARITIME								
1	7.105.483	20.300	918.403	434.993	1.353.396	8.458.879		1.373.696
2	4.024.997	8.690	37.690	187.782	225.472	4.250.469		234.162
3	3.016.896	5.590	32.630	173.660	206.290	3.223.186		211.880
4	819.019	1.460	13.700	72.327	86.027	905.046		87.487
5	1.222.547	1.000	1.120	80.102	81.222	1.303.769		82.222
6	922.453	1.850	70.351	108.467	178.818	1.101.271		180.668
7	1.397.840	2.900	381.188	84.171	465.359	1.863.199		468.259
8	2.249.642	5.600	207.909	238.144	446.053	2.695.695		451.653
9	1.955.753	4.000	20.358	114.844	135.202	2.090.955		139.202
10	1.119.806	2.170	15.575	90.044	105.619	1.225.425		107.789
11	2.532.060	4.660	158.600	126.185	284.785	2.816.845		289.445
12	4.461.025	7.500	47.150	130.435	177.585	4.638.610		185.085
13	1.018.248	2.550	24.000	69.492	93.492	1.111.740		96.042
Reports	13.897.208	58.697	2.206.948	1.668.916	3.875.864	17.773.072		3.934.571
Totaux	55.962.170	156.724	4.671.202	4.437.894	9.109.096	65.071.266		9.265.820

Les montants des coûts de capacité à répartir sont repris dans les tableaux des pages 271 et 272.

44.12 - Répartition des coûts de capacité

On a considéré tout d'abord que la circulation des cycles et cyclo-moteurs était suffisamment faible pour que l'imputation des coûts correspondants puisse être négligée. Les coûts de capacité ont donc été répartis entre les autres catégories d'utilisateurs. Les principes de répartition suivis en la matière sont ceux exposés dans le paragraphe 23.31.2. Deux catégories de véhicules ont été distinguées : les véhicules légers et l'ensemble des véhicules lourds. La répartition des coûts de capacité entre les deux catégories précitées a été effectuée à l'aide de coefficients d'équivalence calculés à partir d'ajustements linéaires sur les vitesses moyennes par catégorie. La méthode appliquée est exposée dans l'annexe II. 4. Les coefficients d'équivalence ont été obtenus à l'aide des relations linéaires suivantes :

Routes à 2 voies

$$V_i = 93,5 - 0,09595 i - 0,27436 j$$

$$V_j = 70,9 - 0,03615 i - 0,06908 j$$

Routes à 3 voies

$$V_i = 96,7 - 0,06524 i - 0,6254 j$$

$$V_j = 73,8 - 0,01776 i - 0,04801 j$$

où V_i : vitesse moyenne des véhicules légers (en km/h)

V_j : vitesse moyenne des véhicules lourds (en km/h)

i : nombre de véhicules légers par quart d'heure.

j : nombre de véhicules lourds par quart d'heure.

Ces relations ont été établies à partir des résultats de mesures effectuées en 1964 par les services du Rijkswaterstaat sur certaines routes nationales aux Pays-Bas. L'erreur type des chiffres trouvés pour les routes à 3 voies est telle que les résultats pour cette catégorie de routes ne peuvent pas être considérés comme significatifs.

D'ailleurs, une analyse des résultats des mesures a fait ressortir que le comportement des conducteurs est variable selon les quatre situations de trafic que l'on peut distinguer :

- a) trafic aux heures de pointe,
- b) trafic des jours ouvrables en dehors des heures de pointe,
- c) trafic des samedis et dimanches en dehors des heures de pointe,
- d) trafic de nuit.

Les coefficients d'équivalence ont été calculés seulement pour la situation b), mais appliqués à l'ensemble de la circulation.

Les résultats des calculs des coefficients d'équivalence pour des volumes et des compositions différents de trafic sont repris dans l'annexe IV.13. Pour les raisons indiquées ci-dessus ces résultats ne peuvent être considérés que comme de premières approximations.

En ce qui concerne la répartition des coûts de capacité entre périodes de temps, on a suivi la méthode exposée dans le paragraphe 23.31.22.

A partir d'une courbe des débits classés, on a recherché les sections sur lesquelles il était probable que la capacité pratique de l'infrastructure (800 véhicules/heure pour les routes à deux voies et 1.300 véhicules/heure pour les routes à trois voies) soit dépassée et déterminé le nombre d'heures pendant lequel ces débits étaient dépassés. On a été ainsi à même de déterminer le débit cumulé des heures pendant lesquelles

le trafic est supérieur à 800 ou 1.300 véhicules/heure et par différence, à partir des données réelles de trafic, le trafic pendant le reste de l'année.

A partir des coûts de capacité unitaires par période, on a déterminé un coût de capacité moyen par catégories de véhicules selon les principes suivants :

Routes à deux voies

Soit C le coût de capacité unitaire du véhicule équivalent.

Le coût de capacité moyen C_1 des véhicules légers est égal à C .

Le coût de capacité moyen C_j des véhicules lourds est déterminé à partir de la formule suivante :

$$C_j = \frac{m_1 d_1 C + m_2 d_2 C}{m_1 + m_2}$$

où m_1 : nombre de véhicules lourds dans la zone I
(débit ≤ 800 véhicules/heure)

m_2 : nombre de véhicules lourds dans la zone II
(débit > 800 véhicules/heure)

d_1 : coefficient d'équivalence de la zone I

d_2 : coefficient d'équivalence de la zone II.

Routes à trois voies

Soit C_1 le coût de capacité unitaire du véhicule équivalent de la zone I (débit ≤ 800 véhicules/heure) et C_2 le coût de capacité unitaire du véhicule équivalent des zones II et III (respectivement $800 < \text{débit} \leq 1.300$ véhicules/heure et débit > 1.300 véhicules/heure).

.../...

Les coûts moyens de capacité C_i des véhicules légers et C_j des véhicules lourds sont déterminés à partir des formules suivantes :

$$C_i = \frac{n_1 C_1 + (n_2 + n_3) C_2}{n_1 + n_2 + n_3}$$

$$C_j = \frac{m_1 d_1 C_1 + m_2 d_2 C_2 + m_3 d_3 C_2}{m_1 + m_2 + m_3}$$

où n_1 et m_1 : respectivement nombre de véhicules légers et lourds dans la zone I ;

n_2 et m_2 : respectivement nombre de véhicules légers et lourds dans la zone II ;

n_3 et m_3 : respectivement nombre de véhicules légers et lourds dans la zone III ;

d_1 : coefficient d'équivalence de la zone I ;

d_2 : coefficient d'équivalence de la zone II ;

d_3 : coefficient d'équivalence de la zone III.

Les résultats des calculs figurent dans les tableaux des pages 273 et 274. Une distinction a été opérée tenant compte d'un calcul des charges de capital sur la base de la valeur de remplacement et sur la base de la valeur de récupération.

44.13 - Résultats d'ensemble

Dans les tableaux des pages 375 à 378, on a procédé à la détermination du coût total par véhicule-kilomètre. Les résultats sont donnés par catégories de véhicules, par types de routes et pour les différentes sections. Dans le cas où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de remplacement, le coût total est égal à la somme

du coût de capacité déterminé comme il a été indiqué au paragraphe 44.11 et du coût marginal d'usage. Dans le cas où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de récupération, le coût total est égal à la somme du coût de capacité déterminé comme il a été indiqué dans le paragraphe précité et du coût marginal d'usage déduction faite du coût marginal de renouvellement.

Système du coût total - Routes

Détermination des coûts de capacité par section
Département de l'EURE

(en francs)

Sections	Coût total sur la base de la valeur de remplacement	Coût d'usage (y compris renouvellement)	Coût de capacité Base : valeur de remplacement	Coût total sur la base de la valeur de récupération	Coût d'usage (non compris renouvellement)	Coût de capacité Base : valeur de récupération
1	1.338.776	505.547	833.229	283.710	235.245	48.465
3	811.700	377.813	433.887	228.028	156.138	71.890
4	623.856	288.231	335.625	174.020	119.043	54.977
5	771.449	285.140	486.309	169.888	117.815	52.073
6	281.160	51.254	229.906	95.172	21.668	73.504
7	420.028	36.163	383.865	132.340	16.817	115.523
8	441.782	40.055	401.727	144.119	16.943	127.176
9	287.787	20.430	267.357	58.505	8.645	49.860
14	283.300	48.157	235.143	51.431	22.429	29.002
15	2.468.032	148.504	2.319.528	552.117	66.214	485.903
16	500.954	48.860	452.094	129.763	22.886	106.877
17	504.944	121.339	383.605	126.992	56.524	70.468
18	133.651	39.533	94.118	41.156	18.435	22.721
19	1.514.446	829.931	684.515	398.826	272.764	126.062
20	346.636	82.661	263.975	85.078	39.593	45.485
21	3.013.630	1.182.031	1.831.599	479.617	439.927	39.690
22	814.085	179.768	634.317	193.361	69.675	123.686
23	297.811	19.629	278.182	64.879	8.967	55.912
24	1.068.267	196.502	871.765	225.295	81.608	143.687
25	562.327	60.142	502.185	38.954	22.933	16.021
26	829.302	266.825	562.477	178.638	99.918	78.720
27	216.760	46.005	170.755	33.995	17.941	16.054
28	242.209	21.835	220.374	48.497	10.548	37.949

Système du coût total - Route

Détermination des coûts de capacité par section
Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Sections	Coût total sur la base de la valeur de remplacement	Coût d'usage (y compris renouvellement)	Coût de capacité Base : valeur de remplacement	Coût total sur la base de la valeur de récupération	Coût d'usage (non compris renouvellement)	Coût de capacité Base : valeur de récupération
1	1.273.214	298.310	974.904	255.053	133.475	121.578
2	5.212.200	2.025.234	3.186.966	382.272	841.251	-
3	1.962.383	1.025.494	936.889	415.971	382.982	32.989
4	1.675.892	222.369	1.453.523	130.666	92.468	38.198
5	449.867	159.525	290.342	44.613	56.063	-
6	1.039.549	94.924	944.625	195.094	45.059	150.035

Département de la SEINE-MARITIME

1	8.458.879	1.695.175	6.763.604	1.373.696	643.361	730.335
2	4.250.469	627.986	3.622.483	234.162	235.441	-
3	3.223.186	395.758	2.827.428	211.880	130.500	81.380
4	905.046	84.432	820.614	87.487	32.409	55.078
5	1.303.769	59.795	1.243.974	82.222	25.836	56.386
6	1.101.271	101.478	999.793	180.668	35.470	145.198
7	1.863.199	70.730	1.792.469	468.259	28.742	439.517
8	2.695.695	431.684	2.264.011	451.643	174.778	276.865
9	2.090.955	403.199	1.687.756	139.202	146.015	-
10	1.225.425	498.463	726.962	107.789	182.732	-
11	2.816.845	194.929	2.621.916	289.445	98.835	190.610
12	4.638.610	203.227	4.435.383	185.085	83.239	101.849
13	1.111.740	44.013	1.067.727	96.042	20.504	75.538

Système du coût total - Route					
Répartition du coût de capacité par véhicule-km et par sections Département de l'EURE					
Sections	Nombre de voies	Base : valeur de remplacement		Base : valeur de récupération	
		véhicules légers	véhicules lourds	véhicules légers	véhicules lourds
1	3	0,0125	0,0124	-	-
3	2	0,0080	0,0243	0,0007	0,0019
4	2	0,0090	0,0246	0,0010	0,0026
5	2	0,0132	0,0360	0,0006	0,0017
6	2	0,0330	0,0924	0,0087	0,0245
7	2	0,0662	0,1854	0,0169	0,0473
8	2	0,0671	0,1878	0,0149	0,0418
9	2	0,0943	0,2641	0,0149	0,0413
14	2	0,0305	0,0840	0,0029	0,0079
15	2	0,1051	0,2943	0,0189	0,0529
16	2	0,0565	0,1582	0,0113	0,0318
17	2	0,0198	0,0544	0,0027	0,0076
18	2	0,0149	0,0410	0,0027	0,0075
19	2	0,0099	0,0265	0,0009	0,0025
20	2	0,0191	0,0534	-	-
21	2	0,0143	0,0399	-	-
22	2	0,0303	0,0845	0,0046	0,0129
23	2	0,0910	0,2549	0,0143	0,0400
24	2	0,0381	0,0683	0,0050	0,0090
25	2	0,0743	0,2053	0,0016	0,0044
26	2	0,0182	0,0498	0,0018	0,0051
27	2	0,0316	0,0867	0,0021	0,0058
28	2	0,0632	0,1442	0,0091	0,0208

Système du coût total - Route						
Répartition du coût de capacité par véhicule-km et par sections						
Département de la SEINE-ET-OISE						
Sections	Nombre de voies	Base : valeur de remplacement		Base : valeur de récupération		
		Véhicules légers	Véhicules lourds	Véhicules légers	Véhicules lourds	
1	2	0,0217	0,0609	0,0026	0,0073	
2	3	0,0148	0,0163	-	-	
3	3	0,0113	0,0105	-	-	
4	2	0,0486	0,1329	0,0009	0,0026	
5	2	0,0185	0,0509	-	-	
6	2	0,0605	0,1693	0,0043	0,0120	
Département de la SEINE-MARITIME						
1	3	0,0471	0,0449	0,0012	0,0011	
2	3	0,0710	0,0644	-	-	
3	2	0,0843	0,2268	0,0024	0,0065	
4	2	0,0739	0,2070	0,0050	0,0139	
5	2	0,1458	0,4034	0,0066	0,0135	
6	2	0,0869	0,2435	0,0098	0,0276	
7	2	0,1978	0,5539	0,0147	0,0410	
8	2	0,0415	0,1142	0,0043	0,0118	
9	3	0,0556	0,0507	-	-	
10	3	0,0179	0,0194	-	-	
11	4	0,0900	0,0726	0,0022	0,0018	
12	3	0,2186	0,1860	0,0050	0,0043	
13	2	0,1353	0,3788	0,0077	0,0215	

Système du coût total - Route												
Coût total par véhicule-kilomètre par sections et par catégories de véhicules												
Département de l'EURE (en francs)												
Sections	Véhicules légers						Poids lourds C.U. < 5 tonnes					
	Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération			Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération		
	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total
1	0,0125	0,0023	0,0148	-	0,0023	0,0023	0,0124	0,0046	0,0170	-	0,0046	0,0046
3	0,0080		0,0103	0,0007		0,0030	0,0243		0,0289	0,0019		0,0065
4	0,0090		0,0113	0,0010		0,0033	0,0246		0,0292	0,0026		0,0072
5	0,0132		0,0155	0,0006		0,0029	0,0360		0,0406	0,0017		0,0063
6	0,0330		0,0353	0,0087		0,0110	0,0924		0,0970	0,0245		0,0291
7	0,0662		0,0685	0,0169		0,0192	0,1854		0,1900	0,0473		0,0519
8	0,0671		0,0694	0,0149		0,0172	0,1878		0,1924	0,0418		0,0464
9	0,0943		0,0966	0,0149		0,0172	0,2641		0,2687	0,0413		0,0459
14	0,0305		0,0328	0,0029		0,0052	0,0840		0,0886	0,0079		0,0125
15	0,1051		0,1074	0,0189		0,0212	0,2943		0,2989	0,0529		0,0575
16	0,0565		0,0588	0,0113		0,0136	0,1582		0,1628	0,0318		0,0364
17	0,0198		0,0221	0,0027		0,0050	0,0544		0,0590	0,0076		0,0122
18	0,0149		0,0172	0,0027		0,0050	0,0410		0,0456	0,0075		0,0121
19	0,0099		0,0122	0,0009		0,0032	0,0265		0,0311	0,0025		0,0071
20	0,0191		0,0214	-		0,0023	0,0534		0,0580	-		0,0046
21	0,0143		0,0166	-		0,0023	0,0399		0,0445	-		0,0046
22	0,0303		0,0326	0,0046		0,0069	0,0845		0,0891	0,0129		0,0175
23	0,0910		0,0933	0,0143		0,0166	0,2549		0,2595	0,0400		0,0446
24	0,0381		0,0404	0,0050		0,0073	0,0683		0,0729	0,0090		0,0136
25	0,0743		0,0766	0,0016		0,0039	0,2053		0,2099	0,0044		0,0090
26	0,0182		0,0205	0,0018		0,0041	0,0498		0,0544	0,0051		0,0097
27	0,0316		0,0339	0,0021		0,0044	0,0867		0,0913	0,0058		0,0104
28	0,0632		0,0655	0,0091		0,0114	0,1442		0,1488	0,0208		0,0254

Système du coût total - Route												
Coût total par véhicule-kilomètre par sections et par catégories de véhicules												
Département de l'EURE (en francs)												
Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes						Poids lourds C.U. > 10 tonnes					
	Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération			Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération		
	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total
1	0,0124	0,0248	0,0372	-	0,0099	0,0099	0,0124	0,0841	0,0965	-	0,0193	0,0193
3	0,0243		0,0491	0,0019		0,0118	0,0243		0,1084	0,0019		0,0212
4	0,0246		0,0494	0,0026		0,0125	0,0246		0,1087	0,0026		0,0219
5	0,0360		0,0608	0,0017		0,0116	0,0360		0,1201	0,0017		0,0210
6	0,0924		0,1172	0,0245		0,0344	0,0924		0,1765	0,0245		0,0438
7	0,1854		0,2102	0,0473		0,0572	0,1854		0,2695	0,0473		0,0666
8	0,1878		0,2126	0,0418		0,0517	0,1878		0,2719	0,0418		0,0611
9	0,2641		0,2889	0,0413		0,0512	0,2641		0,3482	0,0413		0,0606
14	0,0840		0,1088	0,0079		0,0178	0,0840		0,1681	0,0079		0,0272
15	0,2943		0,3191	0,0529		0,0628	0,2943		0,3784	0,0529		0,0722
16	0,1582		0,1830	0,0318		0,0417	0,1582		0,2423	0,0318		0,0511
17	0,0544		0,0792	0,0076		0,0175	0,0544		0,1385	0,0076		0,0269
18	0,0410		0,0658	0,0075		0,0174	0,0410		0,1251	0,0075		0,0268
19	0,0265		0,0513	0,0025		0,0124	0,0265		0,1106	0,0025		0,0218
20	0,0534		0,0782	-		0,0099	0,0534		0,1375	-		0,0193
21	0,0399		0,0647	-		0,0099	0,0399		0,1240	-		0,0193
22	0,0845		0,1093	0,0129		0,0228	0,0845		0,1686	0,0129		0,0322
23	0,2549		0,2797	0,0400		0,0499	0,2549		0,3390	0,0400		0,0593
24	0,0683		0,0931	0,0090		0,0189	0,0683		0,1524	0,0090		0,0283
25	0,2053		0,2301	0,0044		0,0143	0,2053		0,2894	0,0044		0,0237
26	0,0498		0,0746	0,0051		0,0150	0,0498		0,1339	0,0051		0,0244
27	0,0867		0,1115	0,0058		0,0157	0,0867		0,1708	0,0058		0,0251
28	0,1442		0,1690	0,0208		0,0307	0,1442		0,2283	0,0208		0,0401

Système du coût total - Route												
Coût total par véhicule-kilomètre par sections et par catégories de véhicules Département de la SEINE-ET-OISE (en francs)												
Sections	Véhicules légers						Poids lourds C.U. < 5 tonnes					
	Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération			Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération		
	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total
1	0,0217	0,0023	0,0240	0,0026	0,0023	0,0049	0,0609	0,0046	0,0655	0,0073	0,0046	0,0119
2	0,0148	↓	0,0171	-	↓	0,0023	0,0163	↓	0,0209	-	↓	0,0046
3	0,0113	↓	0,0136	-	↓	0,0023	0,0105	↓	0,0151	-	↓	0,0046
4	0,0486	↓	0,0509	0,0009	↓	0,0032	0,1329	↓	0,1375	0,0026	↓	0,0072
5	0,0185	↓	0,0208	-	↓	0,0023	0,0509	↓	0,0555	-	↓	0,0046
6	0,0605	↓	0,0628	0,0043	↓	0,0066	0,1693	↓	0,1739	0,0120	↓	0,0166
Département de la SEINE-MARITIME												
1	0,0471	0,0023	0,0494	0,0012	0,0023	0,0035	0,0449	0,0046	0,0495	0,0011	0,0046	0,0057
2	0,0710	↓	0,0733	-	↓	0,0023	0,0644	↓	0,0690	-	↓	0,0046
3	0,0843	↓	0,0866	0,0024	↓	0,0047	0,2268	↓	0,2314	0,0065	↓	0,0111
4	0,0739	↓	0,0762	0,0050	↓	0,0073	0,2070	↓	0,2116	0,0139	↓	0,0185
5	0,1458	↓	0,1481	0,0066	↓	0,0089	0,4034	↓	0,4080	0,0135	↓	0,0181
6	0,0869	↓	0,0892	0,0098	↓	0,0121	0,2435	↓	0,2481	0,0276	↓	0,0322
7	0,1978	↓	0,2001	0,0147	↓	0,0170	0,5539	↓	0,5585	0,0410	↓	0,0456
8	0,0415	↓	0,0438	0,0043	↓	0,0066	0,1142	↓	0,1188	0,0118	↓	0,0164
9	0,0556	↓	0,0579	-	↓	0,0023	0,0507	↓	0,0553	-	↓	0,0046
10	0,0179	↓	0,0202	-	↓	0,0023	0,0194	↓	0,0240	-	↓	0,0046
11	0,0900	↓	0,0923	0,0022	↓	0,0045	0,0726	↓	0,0772	0,0018	↓	0,0064
12	0,2186	↓	0,2209	0,0050	↓	0,0073	0,1860	↓	0,1906	0,0043	↓	0,0089
13	0,1353	↓	0,1376	0,0077	↓	0,0100	0,3788	↓	0,3834	0,0215	↓	0,0261

Système du coût total - Route												
Coût total par véhicule-kilomètre par sections et par catégories de véhicules												
Département de la SEINE-ET-OISE (en francs)												
Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes						Poids lourds C.U. > 10 tonnes					
	Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération			Base : valeur de remplacement			Base : valeur de récupération		
	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total
1	0,0609	0,0248	0,0857	0,0073	0,0099	0,0172	0,0609	0,0841	0,1450	0,0073	0,0193	0,0266
2	0,0163	↓	0,0411	-	↓	0,0099	0,0163	↓	0,1004	-	↓	0,0193
3	0,0105	↓	0,0353	-	↓	0,0099	0,0105	↓	0,0946	-	↓	0,0193
4	0,1329	↓	0,1577	0,0026	↓	0,0125	0,1329	↓	0,2170	0,0026	↓	0,0219
5	0,0509	↓	0,0757	-	↓	0,0099	0,0509	↓	0,1350	-	↓	0,0193
6	0,1693	↓	0,1941	0,0120	↓	0,0219	0,1693	↓	0,2534	0,0120	↓	0,0313
Département de la SEINE-MARITIME												
1	0,0449	0,0248	0,0697	0,0011	0,0099	0,0110	0,0449	0,0841	0,1290	0,0011	0,0193	0,0204
2	0,0644	↓	0,0892	-	↓	0,0099	0,0644	↓	0,1485	-	↓	0,0193
3	0,2268	↓	0,2516	0,0065	↓	0,0164	0,2268	↓	0,3109	0,0065	↓	0,0258
4	0,2070	↓	0,2318	0,0139	↓	0,0238	0,2070	↓	0,2911	0,0139	↓	0,0332
5	0,4034	↓	0,4282	0,0135	↓	0,0234	0,4034	↓	0,4875	0,0135	↓	0,0328
6	0,2435	↓	0,2683	0,0276	↓	0,0375	0,2435	↓	0,3276	0,0276	↓	0,0469
7	0,5539	↓	0,5787	0,0410	↓	0,0509	0,5539	↓	0,6380	0,0410	↓	0,0603
8	0,1142	↓	0,1390	0,0118	↓	0,0217	0,1142	↓	0,1983	0,0118	↓	0,0311
9	0,0507	↓	0,0755	-	↓	0,0099	0,0507	↓	0,1348	-	↓	0,0193
10	0,0194	↓	0,0442	-	↓	0,0099	0,0194	↓	0,1035	-	↓	0,0193
11	0,0726	↓	0,0974	0,0018	↓	0,0117	0,0726	↓	0,1567	0,0018	↓	0,0211
12	0,1860	↓	0,2108	0,0043	↓	0,0142	0,1860	↓	0,2701	0,0043	↓	0,0236
13	0,3788	↓	0,4036	0,0215	↓	0,0314	0,3788	↓	0,4629	0,0215	↓	0,0408

44.2 - Voie navigable

44.20 - Détermination des coûts globaux

Le calcul des coûts globaux de la voie navigable a été effectué selon les principes exposés dans le chapitre 23, section 23.1.

La détermination de la valeur de remplacement, des charges d'entretien et de fonctionnement et des frais généraux a été effectuée selon les méthodes exposées dans le paragraphe 44.10. Le questionnaire adressé aux arrondissements territoriaux respecte dans l'ensemble le schéma figurant dans l'annexe 1 de la décision n° 65/270/CEE du Conseil du 13 mai 1965. Il a été adapté à la situation particulière de la Seine et du canal de Tancarville. Des différenciations plus poussées ont été introduites pour tenir compte des valeurs unitaires ou des durées de vie différentes d'installations ou de parties d'installations reprises dans un même poste du schéma précité. Un modèle de ce questionnaire est reproduit dans l'annexe IV.14.

Pour la détermination des charges de capital, on a utilisé la même méthode de calcul que celle exposée dans le paragraphe 44.00. Il n'a pas toutefois été calculé de terme R_i , car la valeur de récupération des installations de navigation intérieure est pratiquement négligeable.

En ce qui concerne les fonctions étrangères au transport, le seul problème qui se pose est celui de la protection contre les crues. On a retenu comme part de la navigation intérieure dans les coûts de ces ouvrages, le montant qui figure effectivement à ce titre dans le budget des services des voies navigables.

Pour ce qui est des ouvrages de croisement, la méthode suivie est celle exposée au paragraphe 44.00.

Les résultats des calculs des coûts globaux sont repris dans le tableau de la page suivante.

44.21 - Détermination des coûts d'usage et de capacité

Ainsi qu'il est indiqué dans le paragraphe 23.30, les coûts d'usage ont été assimilés aux coûts marginaux d'usage. Dans l'hypothèse où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de remplacement, les coûts de capacité sont égaux à la différence entre les coûts globaux (annuité d'amortissement et d'intérêt + dépenses d'entretien et de fonctionnement et frais généraux) et les coûts marginaux d'usage. Dans l'hypothèse basée sur la valeur de récupération, les coûts de capacité ont été pris égaux au total des dépenses d'entretien et de fonctionnement et des frais généraux, le terme R_i étant nul.

Les montants des coûts de capacité à répartir sont repris dans le tableau de la page 382.

44.22 - Répartition des coûts de capacité

Les coûts de capacité des infrastructures des voies navigables ont été répartis entre les différentes catégories de bateaux selon les principes exposés dans le paragraphe 23.31.3. Quatre catégories de bateaux ont été distinguées : les convois poussés, les automoteurs de Seine, les caboteurs et les automoteurs de canal.

Répartition des coûts de capacité relatifs aux écluses

Ces coûts ont été répartis à l'aide de coefficients d'équivalence entre catégories de bateaux qui ont été calculés de la façon suivante.

Système du coût total - Voie navigable							
Détermination des coûts globaux (en francs par an)							
Sections	Charges de capital sur la valeur de remplacement	Autres coûts			Total ⁽¹⁾	Coût total	
		Entretien	Fonctionnement	Frais généraux			Base : valeur de remplacement
<u>Oise à Bas-Cléon</u>							
Chenal	11.890.398	1.952.275	289.507	714.021	2.955.803	14.846.201	
Ecluses :							
Andrésey							
Carrières {	1.680.000	161.625	57.836	142.643	362.104	2.042.104	
Méricourt	2.100.000	191.175	68.410	168.722	428.307	2.528.307	
Notre-Dame-de-la-Garenne	1.680.000	170.900	61.155	150.829	382.884	2.062.884	
Amfreville	1.470.000	180.300	64.519	159.125	403.944	1.873.944	
<u>Bas-Cléon à Tancarville</u>							
Chenal	6.194.039	1.011.150	162.000	600.000	1.773.150	7.967.189	
<u>Canal de Tancarville</u>							
Chenal	2.244.832	239.400	286.754	68.247	594.401	2.839.233	
Ecluse	3.004.490	368.300	338.675	80.605	787.580	3.792.070	

(1) Les montants de cette colonne représentent en même temps le coût total dans l'hypothèse basée sur la valeur de récupération, celle-ci étant nulle.

Système du coût total - Voie navigable				
Détermination des coûts de capacité (en francs)				
Sections	Coût total sur la base de la valeur de remplacement	Coût d'usage	Coût de capacité sur la base de la valeur de remplacement	Coût de capacité sur la base de la valeur de récupération
<u>Oise à Bas-Cléon</u>				
Chenal	14.846.201	343.149	14.503.052	2.955.803
Ecluses :				
Andrésey } Carrières }	2.042.104	38.538	2.003.566	362.104
Méricourt	2.528.307	28.771	2.499.536	428.307
Notre-Dame-de-la-Garenne	2.062.884	26.831	2.036.053	382.884
Amfreville	1.873.944	14.790	1.859.154	403.944
<u>Bas-Cléon à Tancarville</u>				
Chenal	7.967.189	253.437	7.713.752	1.773.150
<u>Canal de Tancarville</u>				
Chenal	2.839.233	46.314	2.792.919	594.401
Ecluse	3.792.070	7.136	3.784.934	787.580

Pour un groupe d'écluses donné, l'unité d'occupation de la capacité est le temps de manoeuvre et une partie du temps d'inversion d'un bateau-type à l'une des écluses du groupe. La part du temps d'inversion imputable à chaque catégorie de bateaux est égale à la part relative de surface occupée par ces bateaux dans l'éclusée de composition moyenne. Le calcul préliminaire permet d'évaluer un temps équivalent par catégories de bateaux qui, additionné au temps de manoeuvre, conduit à un temps d'occupation de la capacité comparable pour chaque catégorie de bateaux. Les coefficients d'équivalence, par référence à une catégorie de base (l'automoteur de Seine à l'une des écluses pour un groupe donné), sont définis comme les rapports entre les temps d'occupation de chacune des trois autres catégories de bateaux et le temps d'occupation de la catégorie de base.

Les résultats des calculs des coefficients d'équivalence sont reproduits dans l'annexe IV.15. Un exemple de calcul est donné dans cette même annexe.

Répartition des coûts de capacité relatifs aux biefs

Les coûts de capacité ont été répartis par catégories de bateaux en fonction de la surface statique de chaque catégorie. Ils ont été traduits ensuite en coûts au bateau-kilomètre.

Les résultats des calculs figurent dans les tableaux des pages 384 à 387.

44.23 - Résultats d'ensemble

Dans les tableaux des pages 388 à 390 on a procédé à la détermination du coût total par catégories de bateaux. On a distingué un coût par passage d'écluse et un coût par bateau-kilomètre pour le chenal. Dans le cas où les charges de capital sont calculées sur la base de la valeur de remplacement, le coût total est égal à la somme du coût de capacité, déterminé comme il a été indiqué au paragraphe 44.21, et du coût marginal d'usage. Dans l'hypothèse basée sur la valeur de récupération, le coût total est égal au coût de capacité défini au paragraphe 44.21.

Système du coût total - Voie navigable					
Répartition des coûts de capacité par écluses et catégories de bateaux (en francs)					
Base : valeur de remplacement					
Ecluses	Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal	
Andrésey 160 m x 12 m	51,03	19,76	22,67	19,35	
Carrières 41,60m x 8,20m	-	21,82	13,47	17,30	
141 m x 12 m	54,34	25,13	28,29	15,89	
Méricourt 141 m x 12 m	72,39	32,35	37,44	28,46	
160 m x 12 m	80,72	31,81	37,74	28,11	
160 m x 17 m	70,34	29,01	34,45	23,06	
Notre-Dame-de-la-Garenne 41,60m x 8,20m	-	28,23	17,42	22,37	
141 m x 12 m	85,68	36,80	42,36	23,18	
160 m x 12 m	107,10	38,27	45,20	32,37	
Amfreville 141 m x 12 m	139,89	54,75	65,66	46,39	
220 m x 17 m	115,38	44,48	53,12	35,13	
Tancarville 220 m x 17 m	492,04	189,25	227,10	151,40	

Système du coût total - Voie navigable									
Répartition des coûts de capacité par écluses et catégories de bateaux									
Base : valeur de récupération (en francs)									
E c l u s e s				Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal		
Andrésey	160	m x 12	m	9,26	3,59	4,13	3,52		
Carrières	41,60m x	8,20m		-	3,95	2,44	3,16		
	141	m x 12	m	9,87	4,56	5,13	2,91		
Méricourt	141	m x 12	m	12,52	5,59	6,48	4,92		
	160	m x 12	m	13,98	5,48	6,54	4,86		
	160	m x 17	m	12,13	5,03	5,98	3,97		
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60m x	8,20m		-	5,31	3,29	4,19		
	141	m x 12	m	16,09	6,90	7,97	4,35		
	160	m x 12	m	20,12	7,22	8,50	6,11		
Amfreville	141	m x 12	m	30,46	11,90	14,28	10,12		
	220	m x 17	m	25,11	9,64	11,54	7,62		
Tancarville	220	m x 17	m	102,12	39,43	46,92	31,54		

Système du coût total - Voie navigable			
Répartition des coûts de capacité relatifs au chenal			
Base : valeur de remplacement			
Surface de l'ensemble des bateaux			
Catégories de bateaux	Trafic total	Surface unitaire m ²	Surface totale m ²
Convois poussés	2.540	1.200	3.048.000
Automoteurs de Seine	7.326	280	2.051.280
Caboteurs	1.543	420	648.060
Automoteurs de canal	33.051	192,5	6.362.317
			<u>12.109.657</u>
Coût de capacité par m ² : 25.009.723 : 12.109.657 = 2,065 francs			
<u>Coût de capacité par bateau</u>			
Catégories de bateaux	Coût de capacité par m ² F	Surface unitaire m ²	Coût de capacité par bateau F
Convois poussés	2,065	1.200	2.478,32
Automoteurs de Seine	"	280	578,28
Caboteurs	"	420	867,41
Automoteurs de canal	"	192,5	397,56
<u>Coût de capacité par bateau-kilomètre</u>			
Catégories de bateaux	Coût de capacité par bateau F	Longueur du chenal	Coût de capacité par bateau-km F
Convois poussés	2.478,32	286,65 km	8,646
Automoteurs de Seine	578,28	"	2,017
Caboteurs	867,41	"	3,026
Automoteurs de canal	397,56	"	1,387

Système du coût total - Voie navigable			
Répartition des coûts de capacité relatifs au chenal			
Base : valeur de récupération			
<u>Surface de l'ensemble des bateaux</u>			
Catégories de bateaux	Trafic total	Surface unitaire m ²	Surface totale m ²
Convois poussés	2.540	1.200	3.048.000
Automoteurs de Seine	7.326	280	2.051.250
Caboteurs	1.543	420	648.060
Automoteurs de canal	33.051	192,5	6.362.317
			<u>12.109.657</u>
Coût de capacité par m ²	5.323.354 : 12.109.657 = 0,440 francs		
<u>Coût de capacité par bateau</u>			
Catégories de bateaux	Coût de capacité par m ² F	Surface unitaire m ²	Coût de capacité par bateau F
Convois poussés	0,440	1.200	528,00
Automoteurs de Seine	"	280	123,20
Caboteurs	"	420	184,80
Automoteurs de canal	"	192,5	84,70
<u>Coût de capacité par bateau-kilomètre</u>			
Catégories de bateaux	Coût de capacité par bateau F	Longueur du chenal	Coût de capacité par bateau-km F
Convois poussés	528,00	286,65 km	1,84
Automoteurs de Seine	123,20	"	0,43
Caboteurs	184,80	"	0,64
Automoteurs de canal	84,70	"	0,30

Système du coût total - voie navigable									
Coût total relatif aux écluses (par écluse) et au chenal, par catégories de bateaux									
(Base : valeur de remplacement (en francs))									
Ecluses et chenal				Convois poussés			Automoteurs de Seine		
				Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total
Andrésy	160	m x 12	m	51,03	0,60	51,63	19,76	0,35	20,11
Carrières	41,60m x 8,20m			-	-	-	21,82	0,46	22,28
	141	m x 12	m	54,34	0,83	55,17	25,13	0,46	25,59
Méricourt	141	m x 12	m	72,39	0,65	73,04	32,35	0,38	32,73
	160	m x 12	m	80,72	0,65	81,37	31,81	0,38	32,19
	160	m x 17	m	70,34	0,65	70,99	29,01	0,38	29,39
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60m x 8,20m			-	-	-	28,23	0,42	28,65
	141	m x 12	m	85,68	0,76	86,44	36,80	0,42	37,22
	160	m x 12	m	107,10	0,76	107,86	38,27	0,42	38,69
Amfreville	141	m x 12	m	139,89	0,68	140,57	54,75	0,39	55,14
	220	m x 17	m	115,38	0,68	116,06	44,48	0,39	44,87
Tancarville	220	m x 17	m	492,04	0,60	492,64	189,25	0,35	189,60
Chenal				8,65	0,23	8,88	2,02	0,07	2,09

Les coûts unitaires sont donnés par bateau pour les écluses et par bateau-km pour le chenal.

Système du coût total - Voie navigable									
Coût total relatif aux écluses (par écluse) et au chenal, par catégories de bateaux (Base : valeur de remplacement) (en francs)									
Ecluses et chenal				Caboteurs			Automoteurs de canal		
				Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total	Coût de capacité	Coût d'usage	Coût total
Andrésy	160	m x 12	m	22,67	0,30	22,97	19,35	0,30	19,65
Carrières	41,60m x 8,20m			13,47	0,38	13,85	17,30	0,44	17,74
	141	m x 12	m	28,29	0,38	28,67	15,89	0,44	16,33
Méricourt	141	m x 12	m	37,44	0,33	37,77	28,46	0,33	28,79
	160	m x 12	m	37,74	0,33	38,07	28,11	0,33	28,44
	160	m x 17	m	34,45	0,33	34,78	23,06	0,33	23,39
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60m x 8,20m			17,42	0,33	17,75	22,37	0,39	22,76
	141	m x 12	m	42,36	0,33	42,69	23,18	0,39	23,57
	160	m x 12	m	45,20	0,33	45,53	32,37	0,39	32,76
Amfreville	141	m x 12	m	65,66	0,34	66,00	46,39	0,34	46,73
	220	m x 17	m	53,12	0,34	53,46	35,13	0,34	35,47
Tancarville	220	m x 17	m	227,10	0,30	227,40	151,40	0,30	151,70
Chenal				3,03	0,10	3,13	1,39	0,03	1,42

Les coûts unitaires sont donnés par bateau pour les écluses et par bateau-km pour le chenal.

Système du coût total - Voie navigable									
Coût total relatif aux écluses (par écluse) et au chenal, par catégories de bateaux									
Base : valeur de récupération (en francs)									
Ecluses et chenal				Convois poussés	Automoteurs de Seine	Caboteurs	Automoteurs de canal		
Andrésy	160	m x 12	m	9,26	3,59	4,13	3,52		
Carrières	41,60m x 8,20m			-	3,95	2,44	3,16		
	141	m x 12	m	9,87	4,56	5,13	2,91		
Méricourt	141	m x 12	m	12,52	5,59	6,48	4,92		
	160	m x 12	m	13,98	5,48	6,54	4,86		
	160	m x 17	m	12,13	5,03	5,98	3,97		
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60m x 8,20m			-	5,31	3,29	4,19		
	141	m x 12	m	16,09	6,90	7,97	4,35		
	160	m x 12	m	20,12	7,22	8,50	6,11		
Amfreville	141	m x 12	m	30,46	11,90	14,28	10,12		
	220	m x 17	m	25,11	9,64	11,54	7,62		
Tancarville	220	m x 17	m	102,12	39,43	46,92	31,54		
Chenal				1,84	0,43	0,64	0,30		

Les coûts unitaires sont donnés par bateau pour les écluses et par bateau-km pour le chenal.

CHAPITRE 45

COMPARAISON DES RESULTATS DES DIVERS SYSTEMES

45.0 - Introduction

Le présent chapitre est consacré à une présentation systématique et à une comparaison des résultats des divers systèmes de tarification et d'imputation des coûts d'infrastructure dont les principes et les calculs détaillés ont été exposés dans les chapitres précédents.

Deux séries de comparaisons sont effectuées.

La première porte sur les coûts ou tarifs par unité de trafic.

La seconde a trait au montant annuel des coûts correspondant aux divers systèmes.

Il importe de mettre en garde contre la généralisation des résultats détaillés. Ceux-ci ne sont, strictement parlant, valables que pour l'axe Paris-Le Havre dont les infrastructures et le trafic présentent des caractéristiques propres. Une description détaillée en est donnée dans les chapitres 11 et 12 ainsi que dans le chapitre 40.

Il semble possible de dégager de ces comparaisons un certain nombre de tendances quant à l'effet des divers systèmes dans des situations analogues à celles de l'étude pilote.

La comparaison ne porte pas sur le système des péages économiques, pour lequel des résultats n'ont pu être déterminés, pour les raisons exposées dans le chapitre 42, que pour quelques sections isolées.

45.1 - Chemin de fer

45.10 - Comparaison des coûts ou tarifs unitaires

Dans les tableaux des pages 394 et 395 sont présentés, pour chacune des sections de l'axe Paris-Le Havre ainsi que pour les lignes Bréauté-Gravenchon et Elbeuf-Oissel, les coûts au train-km correspondant aux divers systèmes étudiés pour les quatre catégories de trains retenues, à savoir les trains de voyageurs rapides et express et omnibus, les trains de marchandises R.A. et R.O. Il convient de rappeler cependant que l'application des systèmes des coûts marginaux sociaux et de l'équilibre budgétaire a été limitée aux sections Mantes-Sotteville et Sotteville-Le Havre, qui sont les seules pour lesquelles on a pu mettre au point tous les éléments de calcul nécessaires.

On constate à la lecture de ces tableaux que c'est le coût marginal social qui est le plus faible. La principale explication de cet état de choses résulte du fait que le coût marginal de congestion sur l'axe Paris-Le Havre aussi bien que sur les deux lignes secondaires est pratiquement nul, si l'on fait abstraction de la section Achères-Mantes où il est probablement élevé, mais pour laquelle il n'a pas été possible de le déterminer en raison des difficultés afférentes à la présence du trafic de banlieue.

45.11 - Comparaison des montants annuels des coûts correspondant aux divers systèmes

Dans le tableau ci-après sont repris les montants annuels des coûts pour les systèmes des coûts marginaux sociaux, du coût total déterminé sur la base de la valeur de remplacement et de la valeur de récupération, de l'équilibre budgétaire sans emprunt et de l'équilibre budgétaire avec emprunt. Bien que le système du coût total ait été appliqué sur toutes les

.../...

sections, les montants indiqués dans ce tableau ne concernent que les sections sur lesquelles portent les autres systèmes.

Systèmes de tarification		Montants annuels des coûts correspondant à ces systèmes (en millions de francs)
Coûts marginaux sociaux		3,88
Coût total		
Base : valeur de remplacement		91,04
Base : valeur de récupération		26,76
Equilibre budgétaire		
Sans emprunt		80,22 (1)
Avec emprunt		36,94

(1) Il y a lieu d'observer que le chiffre de 80,22 millions de francs est fortement influencé par les travaux d'électrification de la ligne Paris-Le Havre.

Comparaison des résultats des divers systèmes - Chemin de fer

Coût au train-kilomètre par sections et par catégories de trains (en francs)

Sections	Trains de voyageurs R.E.					Trains de voyageurs omnibus /				
	Coût marginal social	Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal social	Equilibre budgétaire		Coût total	
		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération
Achères-Mantes	0,580 (1)	.	.	7,185	2,863	0,400 (1)	.	.	9,394	3,900
Mantes-Sotteville	0,823	17,020	7,835	17,333	5,129	0,206	4,260	1,961	14,846	4,512
Sotteville-Le Havre	0,677	14,000	6,445	32,459	9,161	0,223	4,612	2,123	22,901	6,541
Bréauté-Gravenchon	-	-	-	-	-	0,067 (2)	.	.	0,067	o
Elbeuf-Oissel	0,128 (2)	.	.	5,942	3,073	0,065 (2)	.	.	8,845	4,642

(1) Non compris le coût marginal de congestion .

(2) Le coût marginal de congestion est négligeable .

- Néant.

o Donnée très faible.

. Donnée non disponible.

Comparaison des résultats des divers systèmes - Chemin de fer

Coût au train-kilomètre par sections et par catégories de trains (en francs)

Sections	Trains de marchandises R.A.					Trains de marchandises R.O.				
	Coût marginal social	Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal social	Equilibre budgétaire		Coût total	
		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplace- ment	Base : valeur de récupé- ration		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplace- ment	Base : valeur de récupé- ration
Achères-Mantes	0,726 (1)	.	.	7,554	2,961	1,526 (1)	.	.	8,354	2,961
Mantes-Sotteville	0,820	16,958	7,806	12,525	3,617	1,761	36,417	16,765	13,489	3,617
Sotteville-Le Havre	0,769	15,903	7,321	14,135	3,853	1,419	29,345	13,509	14,740	3,853
Bréauté-Gravenchon	-	-	-	-	-	0,404 (2)	.	.	42,010	12,778
Elbeuf-Oissel	0,275 (2)	.	.	5,889	2,968	0,655 (2)	.	.	6,269	2,968

(1) Non compris le coût marginal de congestion .

(2) Le coût marginal de congestion est négligeable .

45.2 - Route

-45.20- Comparaison des coûts ou tarifs unitaires

On compare successivement les coûts ou tarifs par catégories de véhicules et en fonction du niveau de la circulation.

- Coûts ou tarifs par catégories de véhicules

Dans les tableaux des pages 400 à 403 , on a présenté les résultats détaillés des calculs de coût au véhicule-km pour chacune des sections de l'axe Paris-Le Havre et pour les quatre catégories dans lesquelles ont été classés les véhicules, à savoir les véhicules légers, les poids lourds de moins de 5 t de charge utile, ceux d'une charge utile comprise entre 5 et 10 t et ceux de plus de 10 t de charge utile.

Etant donné le très grand nombre de sections, ces tableaux sont d'une lecture difficile et, vu par ailleurs que les différences entre les coûts ou tarifs correspondant aux divers systèmes changent très souvent de signe d'une section à l'autre, une agrégation au niveau de l'axe a été effectuée. Les tarifs péréqués qui en résultent sont présentés dans le tableau ci-après. Ils concernent un réseau de 830 km de longueur et un trafic de 1.261.000.000 véhicules-km par an.

Il est à remarquer que les tarifs correspondant au système de l'équilibre budgétaire avec emprunt sont identiques à ceux du système des coûts marginaux sociaux, étant donné que la tarification au coût marginal social réalise la couverture des dépenses avec emprunt.

.../...

	Véhicules		Poids lourds	
	légers	C.U. < 5 t	5 t < C.U. < 10 t	C.U. > 10 t
<u>Coûts marginaux sociaux complets</u>	0,0089	0,0494	0,0732	0,1416
Rapports entre coûts unitaires	1	5,6	8,2	15,9
<u>Equilibre budgétaire</u>				
<u>Sans emprunt</u>	0,0160	0,0830	0,1230	0,2379
Rapports entre coûts unitaires	1	5,6	8,2	15,9
<u>Avec emprunt</u>	0,0089	0,0494	0,0732	0,1416
Rapports entre coûts unitaires	1	5,6	8,2	15,9
<u>Coût total</u>				
<u>Base : valeur de remplacement</u>	0,0383	0,0767	0,0850	0,1458
Rapports entre coûts unitaires	1	2	2,2	3,8
<u>Base : Valeur de récupération</u>	0,0040	0,0097	0,0137	0,0229
Rapports entre coûts unitaires	1	2,4	3,4	5,7

Il ressort de ce tableau que, pour les véhicules les plus lourds, les coûts correspondant au système des coûts marginaux sociaux et à celui du coût total basé sur la valeur de remplacement ne présentent pas de très grandes différences en chiffres absolus. Par contre, si l'on considère l'ensemble des catégories de véhicules, la structure des coûts n'est pas du tout la même, l'éventail étant plus ouvert dans le système des coûts marginaux sociaux (et dans celui de l'équilibre budgétaire) que dans le système du coût total.

- Coûts ou tarifs en fonction du niveau de la circulation

Les graphiques des pages 404 et 405 représentent respectivement pour les véhicules légers et les poids lourds d'une charge utile de 5 à 10 t et pour les deux systèmes du coût total et des coûts marginaux sociaux, la variation des coûts en fonction du niveau de la circulation, pour un échantillon de sections de l'axe composé selon différents niveaux de trafic journalier et différentes largeurs de chaussée. Les couples de courbes sur ces graphiques délimitent l'espace à l'intérieur duquel il est très probable que se situent les coûts des véhicules considérés.

Ces graphiques font ressortir clairement une différence essentielle entre, d'une part, le système du coût total et, d'autre part, le système des coûts marginaux sociaux. Les coûts du premier système sont en effet d'autant plus élevés que le volume du trafic est plus faible, alors que pour les tarifs correspondant au second système, la tendance est exactement inverse.

L'explication de ce phénomène réside évidemment dans le fait que le coût de capacité par unité de trafic est d'autant plus fort que le nombre d'unités de trafic est plus faible, tandis que le niveau du coût marginal de congestion et du coût marginal d'accident croît avec le trafic.

45.21 - Comparaison des montants annuels des coûts correspondant aux divers systèmes

Le tableau ci-après renseigne sur les coûts annuels relatifs au système des coûts marginaux sociaux, à celui du coût total, déterminé respectivement sur la base de la valeur de remplacement et de la valeur de récupération, et aux deux variantes du système de l'équilibre budgétaire. Pour le système des coûts marginaux sociaux, on a décomposé le montant total en ses éléments constitutifs.

.../...

Systèmes de tarification	Montants annuels des coûts correspondant à ces systèmes (en millions de francs)
Coûts marginaux sociaux complets	31,35
dont : coût marginal d'usage	13,53
coût marginal de congestion	7,38
coût marginal d'accident	10,44
Coût total	
Base : valeur de remplacement	65,07
Base : valeur de récupération	9,27
Equilibre budgétaire	
Sans emprunt	52,67
Avec emprunt	17,91

.../...

Comparaison des résultats des divers systèmes - Route

Coût au véhicule-km, par sections et par catégories de véhicules
Département de l'EURE

(en francs)

Sections	Véhicules légers					Poids lourds C.U. 5 tonnes				
	Coût marginal social complet	Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal social complet	Equilibre budgétaire		Coût total	
		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération
1	0,0081	0,0136	0,0081	0,0148	0,0023	0,0346	0,0581	0,0346	0,0170	0,0046
3	0,0091	0,0153	0,0091	0,0103	0,0030	0,0586	0,0984	0,0586	0,0289	0,0065
4	0,0091	0,0153	0,0091	0,0113	0,0033	0,0586	0,0984	0,0586	0,0292	0,0072
5	0,0091	0,0153	0,0091	0,0155	0,0029	0,0586	0,0984	0,0586	0,0406	0,0063
6	0,0134	0,0225	0,0134	0,0353	0,0110	0,0669	0,1124	0,0669	0,0970	0,0291
7	0,0129	0,0217	0,0129	0,0685	0,0192	0,0658	0,1105	0,0658	0,1900	0,0519
8	0,0040	0,0067	0,0040	0,0694	0,0172	0,0490	0,0823	0,0490	0,1924	0,0464
9	0,0040	0,0067	0,0040	0,0966	0,0172	0,0490	0,0823	0,0490	0,2687	0,0459
14	0,0059	0,0099	0,0059	0,0328	0,0052	0,0524	0,0880	0,0524	0,0886	0,0125
15	0,0131	0,0220	0,0131	0,1074	0,0212	0,0672	0,1129	0,0672	0,2989	0,0575
16	0,0131	0,0220	0,0131	0,0588	0,0136	0,0662	0,1112	0,0662	0,1628	0,0364
17	0,0148	0,0249	0,0148	0,0221	0,0050	0,0694	0,1166	0,0694	0,0590	0,0122
18	0,0059	0,0099	0,0059	0,0172	0,0050	0,0524	0,0880	0,0524	0,0456	0,0121
19	0,0074	0,0124	0,0074	0,0122	0,0032	0,0563	0,0946	0,0563	0,0311	0,0071
20	0,0150	0,0252	0,0150	0,0214	0,0023	0,0698	0,1173	0,0698	0,0580	0,0046
21	0,0099	0,0166	0,0099	0,0166	0,0023	0,0606	0,1018	0,0606	0,0445	0,0046
22	0,0141	0,0237	0,0141	0,0326	0,0069	0,0684	0,1149	0,0684	0,0891	0,0175
23	0,0128	0,0215	0,0128	0,0933	0,0166	0,0664	0,1116	0,0664	0,2595	0,0446
24	0,0052	0,0087	0,0052	0,0404	0,0073	0,0512	0,0860	0,0512	0,0729	0,0136
25	0,0160	0,0269	0,0160	0,0766	0,0039	0,0720	0,1210	0,0720	0,2099	0,0090
26	0,0155	0,0260	0,0155	0,0205	0,0041	0,0712	0,1196	0,0712	0,0544	0,0097
27	0,0066	0,0111	0,0066	0,0339	0,0044	0,0540	0,0907	0,0540	0,0913	0,0104
28	0,0045	0,0076	0,0045	0,0655	0,0114	0,0497	0,0835	0,0497	0,1488	0,0254

Comparaison des résultats des divers systèmes - Route

Coût au véhicule-km, par sections et par catégories de véhicules
Département de l'EURE

(en francs)

Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes					Poids lourds C.U. > 10 tonnes				
	Coût marginal social complet	Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal social complet	Equilibre budgétaire		Coût total	
		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération
1	0,0573	0,0963	0,0573	0,0372	0,0099	0,1224	0,2056	0,1224	0,0965	0,0193
3	0,0838	0,1408	0,0838	0,0491	0,0118	0,1558	0,2617	0,1558	0,1084	0,0212
4	0,0838	0,1408	0,0838	0,0494	0,0125	0,1558	0,2617	0,1558	0,1087	0,0219
5	0,0838	0,1408	0,0838	0,0608	0,0116	0,1558	0,2617	0,1558	0,1201	0,0210
6	0,0881	0,1480	0,0881	0,1172	0,0344	0,1500	0,2520	0,1500	0,1765	0,0438
7	0,0866	0,1455	0,0866	0,2102	0,0572	0,1473	0,2475	0,1473	0,2695	0,0666
8	0,0698	0,1173	0,0698	0,2126	0,0517	0,1307	0,2196	0,1307	0,2719	0,0611
9	0,0698	0,1173	0,0698	0,2889	0,0512	0,1307	0,2196	0,1307	0,3482	0,0606
14	0,0750	0,1260	0,0750	0,1088	0,0178	0,1399	0,2350	0,1399	0,1681	0,0272
15	0,0885	0,1487	0,0885	0,3191	0,0628	0,1507	0,2532	0,1507	0,3784	0,0722
16	0,0872	0,1465	0,0872	0,1830	0,0417	0,1483	0,2491	0,1483	0,2423	0,0511
17	0,0920	0,1546	0,0920	0,0792	0,0175	0,1569	0,2636	0,1569	0,1385	0,0269
18	0,0750	0,1260	0,0750	0,0658	0,0174	0,1399	0,2350	0,1399	0,1251	0,0268
19	0,0795	0,1336	0,0795	0,0513	0,0124	0,1483	0,2491	0,1483	0,1106	0,0218
20	0,0926	0,1556	0,0926	0,0782	0,0099	0,1579	0,2653	0,1579	0,1375	0,0193
21	0,0862	0,1448	0,0862	0,0647	0,0099	0,1603	0,2693	0,1603	0,1240	0,0193
22	0,0902	0,1515	0,0902	0,1093	0,0228	0,1538	0,2584	0,1538	0,1686	0,0322
23	0,0874	0,1468	0,0874	0,2797	0,0499	0,1487	0,2498	0,1487	0,3390	0,0593
24	0,0730	0,1226	0,0730	0,0931	0,0189	0,1363	0,2290	0,1363	0,1524	0,0283
25	0,0953	0,1601	0,0953	0,2301	0,0143	0,1630	0,2738	0,1630	0,2894	0,0237
26	0,0941	0,1581	0,0941	0,0746	0,0150	0,1608	0,2701	0,1608	0,1339	0,0244
27	0,0768	0,1290	0,0768	0,1115	0,0157	0,1433	0,2407	0,1433	0,1708	0,0251
28	0,0710	0,1193	0,0710	0,1690	0,0307	0,1328	0,2231	0,1328	0,2283	0,0401

Comparaison des résultats des divers systèmes - Route

Coût au véhicule-km, par sections et par catégories de véhicules
Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

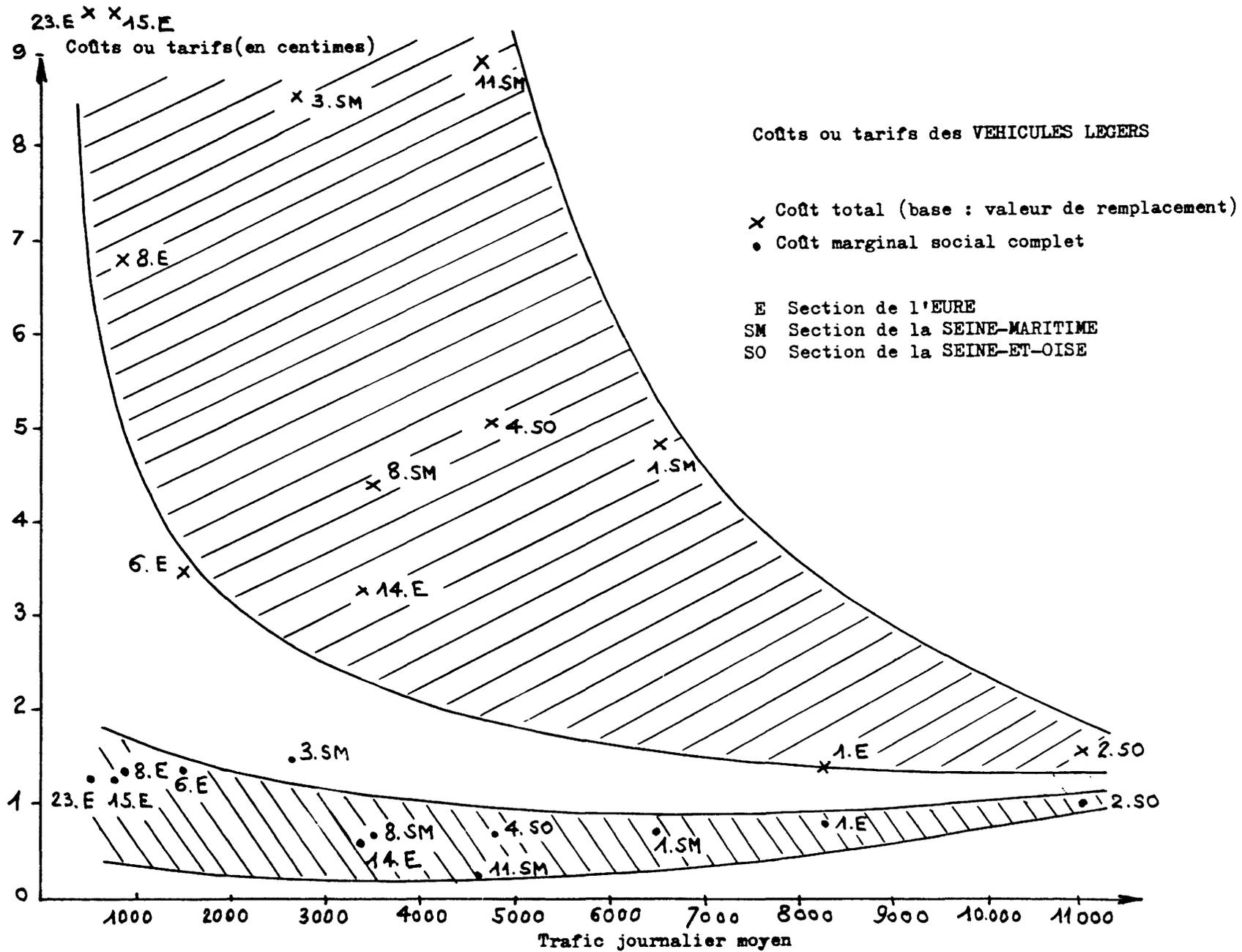
Sections	Véhicules légers						Poids lourds C.U. < 5 tonnes					
	Coût marginal social complet	Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal social complet	Equilibre budgétaire		Coût total			
		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération		sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération		
1	0,0049	0,0082	0,0049	0,0240	0,0049	0,0506	0,0850	0,0506	0,0655	0,0119		
2	0,0101	0,0170	0,0101	0,0171	0,0023	0,0538	0,0904	0,0538	0,0209	0,0046		
3	0,0072	0,0121	0,0072	0,0136	0,0023	0,0339	0,0570	0,0339	0,0151	0,0046		
4	0,0077	0,0129	0,0077	0,0509	0,0032	0,0559	0,0939	0,0559	0,1375	0,0072		
5	0,0107	0,0180	0,0107	0,0208	0,0023	0,0626	0,1052	0,0626	0,0555	0,0046		
6	0,0135	0,0227	0,0135	0,0628	0,0066	0,0669	0,1124	0,0669	0,1739	0,0166		
Département de la SEINE-MARITIME												
1	0,0075	0,0126	0,0075	0,0494	0,0035	0,0343	0,0576	0,0343	0,0495	0,0057		
2	0,0069	0,0116	0,0069	0,0733	0,0023	0,0334	0,0561	0,0334	0,0690	0,0046		
3	0,0150	0,0252	0,0150	0,0866	0,0047	0,0706	0,1186	0,0706	0,2314	0,0111		
4	0,0051	0,0086	0,0051	0,0762	0,0073	0,0511	0,0858	0,0511	0,2116	0,0185		
5	0,0046	0,0077	0,0046	0,1481	0,0089	0,0500	0,0840	0,0500	0,4080	0,0181		
6	0,0133	0,0223	0,0133	0,0892	0,0121	0,0670	0,1126	0,0670	0,2481	0,0322		
7	0,0130	0,0218	0,0130	0,2001	0,0170	0,0661	0,1110	0,0661	0,5585	0,0456		
8	0,0064	0,0108	0,0064	0,0438	0,0066	0,0536	0,0900	0,0536	0,1188	0,0164		
9	0,0058	0,0097	0,0058	0,0579	0,0023	0,0467	0,0785	0,0467	0,0553	0,0046		
10	0,0087	0,0146	0,0087	0,0202	0,0023	0,0520	0,0874	0,0520	0,0240	0,0046		
11	0,0025	0,0042	0,0025	0,0923	0,0045	0,0050	0,0084	0,0050	0,0772	0,0064		
12	0,0041	0,0069	0,0041	0,2209	0,0073	0,0433	0,0727	0,0433	0,1906	0,0089		
13	0,0134	0,0225	0,0134	0,1376	0,0100	0,0668	0,1122	0,0668	0,3834	0,0261		

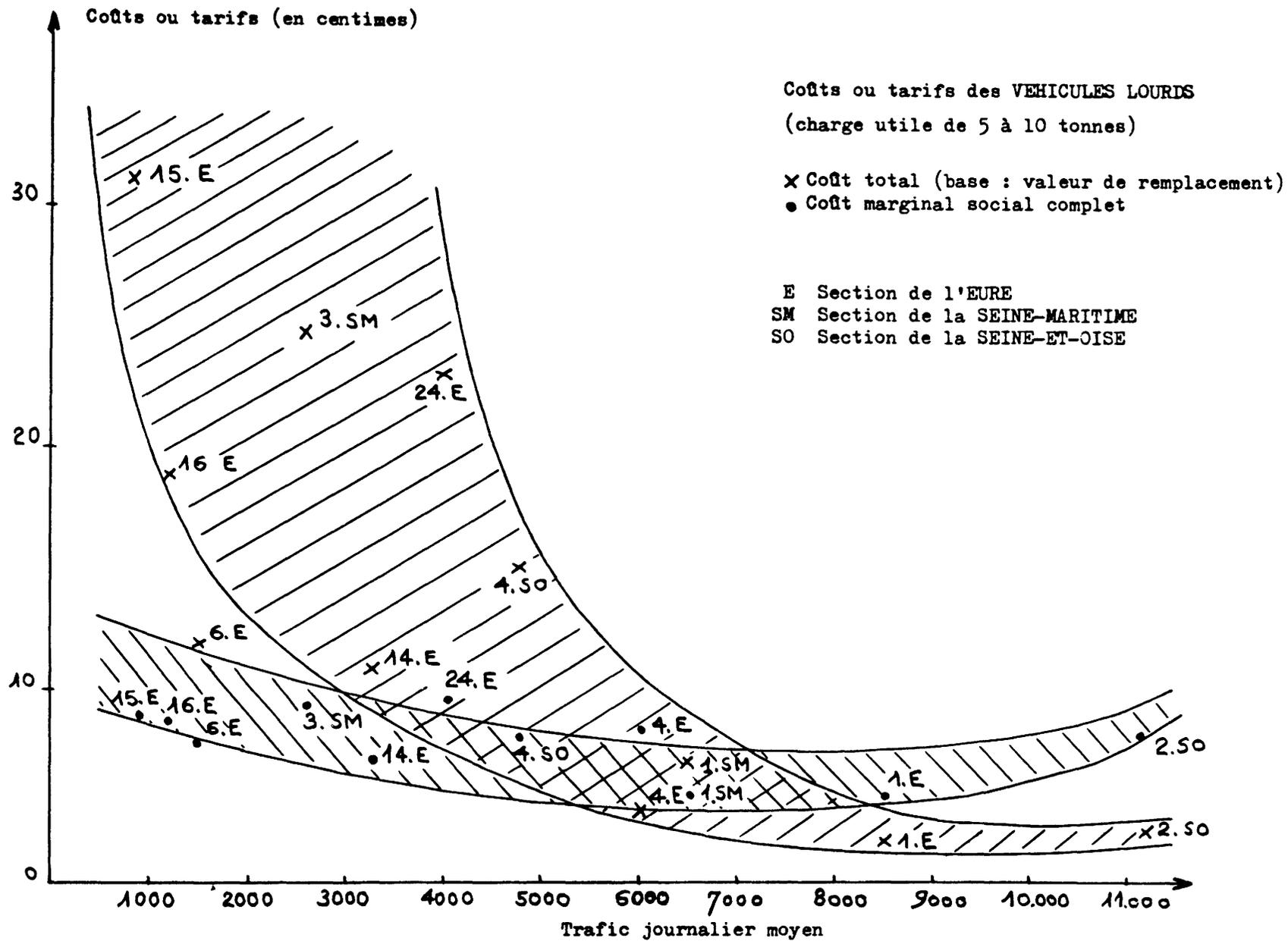
Comparaison des résultats des divers systèmes - Route

Coût au véhicule-km, par sections et par catégories de véhicules
Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Sections	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes						Poids lourds C.U. > 10 tonnes					
	Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal		Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal	
	social complet		social complet		social complet		social complet		social complet		social complet	
	sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération	sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération	sans emprunt	avec emprunt	Base : valeur de remplacement	Base : valeur de récupération
1	0,0723	0,1215	0,0723	0,0857	0,0172	0,1350	0,2268	0,1350	0,1450	0,0266		
2	0,0798	0,1341	0,0798	0,0411	0,0099	0,1541	0,2589	0,1541	0,1004	0,0193		
3	0,0559	0,0939	0,0559	0,0353	0,0099	0,1200	0,2016	0,1200	0,0946	0,0193		
4	0,0798	0,1341	0,0798	0,1577	0,0125	0,1485	0,2495	0,1485	0,2170	0,0219		
5	0,0887	0,1490	0,0887	0,0757	0,0099	0,1651	0,2774	0,1651	0,1350	0,0193		
6	0,0883	0,1483	0,0883	0,1941	0,0219	0,1503	0,2525	0,1503	0,2534	0,0313		
Département de la SEINE-MARITIME												
1	0,0564	0,0948	0,0564	0,0697	0,0110	0,1210	0,2033	0,1210	0,1290	0,0204		
2	0,0556	0,0934	0,0556	0,0892	0,0099	0,1187	0,1994	0,1187	0,1485	0,0193		
3	0,0928	0,1559	0,0928	0,2516	0,0164	0,1587	0,2666	0,1587	0,3109	0,0258		
4	0,0728	0,1223	0,0728	0,2318	0,0238	0,1360	0,2285	0,1360	0,2911	0,0332		
5	0,0713	0,1198	0,0713	0,4282	0,0234	0,1334	0,2241	0,1334	0,4875	0,0328		
6	0,0780	0,1478	0,0880	0,2683	0,0375	0,1499	0,2518	0,1499	0,3276	0,0469		
7	0,0870	0,1462	0,0870	0,5787	0,0509	0,1480	0,2486	0,1480	0,6380	0,0603		
8	0,0764	0,1284	0,0764	0,1390	0,0217	0,1425	0,2394	0,1425	0,1983	0,0311		
9	0,0692	0,1163	0,0692	0,0755	0,0099	0,1353	0,2273	0,1353	0,1348	0,0193		
10	0,0765	0,1285	0,0765	0,0442	0,0099	0,1486	0,2496	0,1486	0,1035	0,0193		
11	0,0253	0,0425	0,0253	0,0974	0,0117	0,0851	0,1430	0,0851	0,1567	0,0211		
12	0,0647	0,1087	0,0647	0,2108	0,0142	0,1271	0,2135	0,1271	0,2701	0,0236		
13	0,0881	0,1480	0,0881	0,4036	0,0314	0,1500	0,2520	0,1500	0,4629	0,0408		





45.3 - Voie navigable

45.30 - Comparaison des coûts ou tarifs unitaires

Les tableaux des pages suivantes donnent, pour les quatre catégories de bateaux retenues (convois poussés, automoteurs de Seine, caboteurs et automoteurs de canal), les coûts de franchissement des écluses et les coûts d'utilisation du chenal correspondant aux divers systèmes de tarification. Il convient de rappeler que l'application des systèmes des coûts marginaux sociaux et de l'équilibre budgétaire a été limitée aux deux sections de la Basse-Seine, le calcul du coût marginal de congestion n'ayant pu être effectué, faute de données sûres, pour le canal de Tancarville.

45.31 - Comparaison des montants annuels des coûts correspondant aux divers systèmes

Dans le tableau ci-après sont repris les montants annuels des coûts pour le système des coûts marginaux sociaux, du coût total déterminé respectivement sur la base de la valeur de remplacement et de la valeur de récupération, de l'équilibre budgétaire sans emprunt et de l'équilibre budgétaire avec emprunt. Bien que le système du coût total ait été appliqué sur toutes les sections, les montants indiqués ici ne concernent que les sections sur lesquelles portent les deux autres systèmes.

Systèmes de tarification	Montants annuels des coûts correspondant à ces systèmes (en millions de francs)
Coûts marginaux sociaux	3,80
Coût total	
Base : valeur de remplacement	31,32
Base : valeur de récupération	6,31
Equilibre budgétaire	
sans emprunt	16,38
avec emprunt	15,77

Comparaison des résultats des divers systèmes - Voie navigable													
Coût de franchissement des écluses par catégories de bateaux													
Coûts relatifs au chenal au bateau-km par catégories de bateaux (en francs)													
Écluses et chenal	Convois poussés								Automoteurs de Seine				
	Coût marginal social	Équilibre budgétaire			Coût total		Coût marginal social	Équilibre budgétaire			Coût total		
		sans emprunt	avec emprunt	Base: valeur de remplacement	Base: valeur de récupération	sans emprunt		avec emprunt	Base: valeur de remplacement	Base: valeur de récupération			
Andréay	160 m x 12 m	63,43	273,38	263,23	51,63	9,26	26,34	113,53	109,31	20,11	3,59		
Carrières	41,60 m x 8,20 m	-	-	-	-	-	13,53	58,31	56,15	22,28	3,95		
	141 m x 12 m	18,96	81,72	78,68	55,17	9,87	13,53	58,31	56,15	25,59	4,56		
Méricourt	141 m x 12 m	12,87	55,47	53,41	73,04	12,52	10,60	45,69	43,99	32,73	5,59		
	160 m x 12 m	12,87	55,47	53,41	81,37	13,98	10,60	45,69	43,99	32,19	5,48		
	160 m x 17 m	12,87	55,47	53,41	70,99	12,13	10,60	45,69	43,99	29,39	5,03		
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60 m x 8,20 m	-	-	-	-	-	5,94	25,60	24,65	28,65	5,31		
	141 m x 12 m	8,28	35,69	34,36	86,44	16,09	5,94	25,60	24,65	37,22	6,90		
	160 m x 12 m	8,28	35,69	34,36	107,86	20,12	5,94	25,60	24,65	38,69	7,22		
Amfreville	141 m x 12 m	10,78	46,46	44,74	140,57	30,46	4,79	20,64	19,88	55,14	11,90		
	220 m x 17 m	10,78	46,46	44,74	116,06	25,11	4,79	20,64	19,88	44,87	9,64		
Fanoarville	220 m x 17 m	0,60 (1)	.	.	492,64	102,12	0,35 (1)	.	.	189,60	39,43		
Chenal		0,23 (2)	0,99 (3)	0,95 (3)	8,88	1,84	0,07 (2)	0,30 (3)	0,29 (3)	2,09	0,43		

(1) Non compris le coût marginal de congestion.

(2) Le coût marginal de congestion est nul.

(3) Basse-Seine exclusivement.

Comparaison des résultats des divers systèmes - Voie navigable													
Coût de franchissement des écluses par catégories de bateaux													
Coûts relatifs au chenal au bateau-km par catégories de bateaux (en francs)													
Ecluses et chenal	Caboteurs								Automoteurs de canal				
	Coût marginal social	Equilibre budgétaire		Coût total		Coût marginal social	Equilibre budgétaire		Coût total				
		sans emprunt	avec emprunt	Base: valeur de remplacement	Base: valeur de récupération		sans emprunt	avec emprunt	Base: valeur de remplacement	Base: valeur de récupération			
Andrézy	160	m x 12	m	26,29	113,31	109,10	22,97	4,13	21,59	93,05	89,60	19,65	3,52
Arrières	41,60	m x 8,20	m	13,45	57,97	55,82	13,85	2,44	3,89	16,77	16,14	17,74	3,16
	141	m x 12	m	13,45	57,97	55,82	28,67	5,13	3,89	16,77	16,14	16,33	2,91
Méricourt	141	m x 12	m	10,55	45,47	43,78	37,77	6,48	11,37	49,00	47,19	28,79	4,92
	160	m x 12	m	10,55	45,47	43,78	38,07	6,54	11,37	49,00	47,19	28,44	4,86
	160	m x 17	m	10,55	45,47	43,78	34,78	5,98	11,37	49,00	47,19	23,39	3,97
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,60	m x 8,20	m	5,85	25,21	24,28	17,75	3,29	6,61	28,49	27,43	22,76	4,19
	141	m x 12	m	5,85	25,21	24,28	42,69	7,97	6,61	28,49	27,43	23,57	4,35
	160	m x 12	m	5,85	25,21	24,28	45,53	8,50	6,61	28,49	27,43	32,76	6,11
Amfreville	141	m x 12	m	4,74	20,43	19,67	66,00	14,28	7,62	32,84	31,62	46,73	10,12
	220	m x 17	m	4,74	20,43	19,67	53,46	11,54	7,62	32,84	31,62	35,47	7,62
Tancarville	220	m x 17	m	0,30 ⁽¹⁾	.	.	227,40	46,92	0,30 ⁽¹⁾	.	.	151,70	31,54
Chenal				0,10 ⁽²⁾	0,43 ⁽³⁾	0,42 ⁽³⁾	3,13	0,64	0,03 ⁽²⁾	0,13 ⁽³⁾	0,12 ⁽³⁾	1,42	0,30

(1) Non compris le coût marginal de congestion.

(2) Le coût marginal de congestion est nul.

(3) Basse-Seine exclusivement.

P R O J E T

R A P P O R T

SUR L'ETUDE PILOTE PREVUE A L'ARTICLE 3
DE LA DECISION DU CONSEIL N° 65/270/CEE DU 13 MAI 1965

A N N E X E S

.../...

T A B L E D E S M A T I E R E S

	<u>Pages</u>
<u>DEUXIEME PARTIE</u>	
Annexe II.1 - Calcul du coût marginal de renouvellement des infrastructures routières	1
Annexe II.2 - Méthode de simulation des conditions de franchissement des écluses	4
Annexe II.3 - Coût marginal d'accident de la route	9
Annexe II.4 - Détermination des coefficients d'équivalence relatifs à l'occupation de la capacité des routes (système du coût total)	11
<u>TROISIEME PARTIE</u>	
Annexe III.1 - Résultats numériques de l'étude de la demande de transport de personnes	14
Annexe III.2 - Voyages personnels de moins de quatre jours en voiture - Coefficients d'attraction	18
Annexe III.3 - Calcul des coûts de transport de la houille	19
Annexe III.4 - Transports légers - Liste des modèles acceptables	29
Annexe III.5 - Recherche de la valeur des paramètres à introduire dans les modèles	47
<u>QUATRIEME PARTIE</u>	
Annexe IV.1 - Calcul du coût marginal d'usage moyen des infrastructures ferroviaires	62
Annexe IV.2 - Calcul du coût marginal de congestion des infrastructures ferroviaires	64
Annexe IV.3 - Montants annuels des coûts marginaux d'usage et des coûts marginaux sociaux des infrastructures routières	72
Annexe IV.4 - Méthode d'évaluation des liaisons vitesses - débits sur les infrastructures routières - Données numériques	89

Annexe IV.5	- Coûts d'exploitation des véhicules routiers	94
Annexe IV.6	- Détermination du coût marginal d'accident de la route	109
Annexe IV.7	- Coûts d'exploitation des bateaux et valorisation des temps d'attente aux écluses	117
Annexe IV.8	- Résultats de l'étude de simulation des conditions de franchissement des écluses	126
Annexe IV.9	- Questionnaire relatif au calcul des coûts des infrastructures ferroviaires selon le système du coût total	132
Annexe IV.10	- Relevé des minutes-trains pour une journée-type pour la répartition des coûts de capacité des infrastructures ferroviaires dans le système du coût total	146
Annexe IV.11	- Chemin de fer - Exemple de répartition des coûts de capacité dans le système du coût total	151
Annexe IV.12	- Questionnaire relatif au calcul des coûts des infrastructures routières selon le système du coût total	156
Annexe IV.13	- Coefficients d'équivalence pour la répartition des coûts de capacité des infrastructures routières dans le système du coût total	164
Annexe IV.14	- Questionnaire relatif au calcul des coûts des infrastructures de navigation intérieure dans le système du coût total	167
Annexe IV.15	- Coefficients d'équivalence pour la répartition des coûts de capacité des infrastructures de navigation intérieure dans le système du coût total	176

ANNEXE II. 1

CALCUL DU COUT MARGINAL DE RENOUVELLEMENT
DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES

Pour calculer le coût marginal de renouvellement, on détermine d'abord son montant annuel correspondant au trafic considéré, puis, en divisant ce montant par le nombre d'essieux équivalents de 13 tonnes que supporte la chaussée, on obtient le coût marginal de renouvellement de l'essieu de 13 tonnes.

Dans ce but, considérons d'abord le cas d'une seule route. Celle-ci a été construite à une date T_0 (négative, en prenant comme année 0 l'époque actuelle), puis renforcée à des dates $T_1, T_2 \dots T_n$ jusqu'à l'époque actuelle selon les épaisseurs $h_0 \dots h_n$; actuellement, dans la situation où elle se trouve à l'année 0, et compte tenu du trafic futur qu'elle aura à supporter, on peut établir pour elle une politique optimale de renouvellement se traduisant par l'application d'épaisseurs

$h_{n+1}, h_{n+2} \dots$ aux dates $T_{n+1}, T_{n+2} \dots$

La politique de renouvellement a été fixée en France par une "Instruction provisoire sur le renforcement des chaussées souples" qui conduit à effectuer des renouvellements, d'une durée de vie moyenne de 10 ans, dont l'épaisseur est donnée en fonction du trafic à partir des lois :

$$\log W = 12,67 - 3,25 \log d_1$$

$$\text{et } h = 50 \log \frac{d_0}{d_1}$$

où : W trafic total équivalent cumulé, calculé sur la base d'une durée de vie de 10 ans

d_1 déflexion après renforcement

d_0 déflexion avant renforcement

h épaisseur d'enrobés à appliquer.

.../...

Une variation fictive $dq(t)$ du trafic de l'année t entraînerait une modification du programme optimum et c'est un résultat classique de la théorie de l'optimum économique que tous les procédés permettant de s'adapter à cette modification sont également bons.

Ceci posé, cherchons à calculer le coût marginal de l'année t , et supposons que le trafic se modifie de la quantité $dq(t)$. Pour que la chaussée se trouve après l'année t dans le même état que celui qu'elle a atteint en fait, il aurait fallu que le renouvellement juste antérieur, auquel nous affecterons le numéro i , ait eu une épaisseur supplémentaire :

$$dh = 6,7 \frac{dq(t)}{W},$$

formule où W est le trafic équivalent que supportera le renouvellement i en cause. Le coût marginal sera, en appelant

- T_i la date du renouvellement
- p le coût d'un renforcement de 1 cm d'épaisseur
- j le taux d'actualisation continu,

$$C(t) = \frac{6,7 p \cdot e^{j(t - T_i)}}{\int_{T_i}^{T_i + 1} q(u) du}.$$

En France, d'après l'instruction précitée, l'intervalle entre deux renouvellements est de 10 ans :

$$T_{i+1} - T_i = 10$$

et le trafic lourd croît sur une longue période de 8 % par an.

L'utilisation de ces résultats permet de déterminer un coût marginal différent selon la structure de la chaussée.

a) Pour les chaussées de type traditionnel, appelons $f(u)$ la dépense totale de renouvellement qu'il est nécessaire de consacrer à cette catégorie de chaussées l'année u , et $q(u)$ le trafic total annuel qu'elles supportent l'année u .

Le montant total pour l'année t , $R(t)$, du coût marginal de renouvellement est alors pour ces chaussées :

$$R(t) = \sum_{u=t-10}^{u=0} f(u) \left[\frac{6,7}{h_0} \right] \cdot \frac{q(t)}{\sum_u q(u) du} \cdot e^{j(t-u)}$$

Le montant $R(t)$ est réparti sur le trafic de l'année t , chaque véhicule étant chargé proportionnellement au nombre d'essieux équivalents qu'il comporte.

b) Pour les chaussées revêtues d'un tapis d'enrobés épais, si $g(u)$ représente la dépense totale de renouvellement qu'il est nécessaire d'y consacrer l'année u , et $r(u)$ le trafic total annuel qu'elles supportent l'année u , le montant $R(t)$ du coût marginal de renouvellement est pour ces chaussées :

$$R(t) = \sum_{u=t-10}^{u=0} g(u) \left[\frac{6,7}{h_0} \right] \cdot \frac{r(t)}{\sum_u r(u) du} \cdot e^{j(t-u)}$$

Ce montant total est réparti entre la circulation de l'année t , dans laquelle chaque véhicule est compté proportionnellement au nombre d'essieux équivalents qu'il comporte, l'équivalence étant celle adoptée pour les chaussées revêtues d'un tapis d'enrobés.

c) Quant aux chaussées à couche de base rigidifiée et aux chaussées en béton, elles sont quasi inexistantes sur les sections de routes retenues.

ANNEXE II. 2

METHODE DE SIMULATION DES CONDITIONS DE
FRANCHISSEMENT DES ECLUSES

Dans cette annexe est présentée une méthode permettant d'étudier les conditions de franchissement des écluses en fonction des trafics de diverses catégories de bateaux.

Cette méthode est basée sur la définition d'un modèle de simulation qui, comme son nom l'indique, constitue une représentation du fonctionnement d'un groupe d'écluses. La simulation est en effet apparue comme un moyen bien adapté au problème posé puisqu'elle permet, une fois le modèle mis au point, d'étudier de façon détaillée le passage des bateaux aux écluses dans des conditions très variées (règles d'exploitation, priorités, composition des bassinées, affectation entre les écluses d'un même groupe, trafics, etc.).

A. Voie navigable

La Basse-Seine comporte un certain nombre de tronçons séparés par des groupes d'écluses. Chaque groupe d'écluses est associé à des caractéristiques particulières : nombre d'écluses, dimensions de chaque écluse, temps d'inversion de chaque écluse vers l'aval ou vers l'amont.

A chaque groupe d'écluses correspondent deux points d'information aval et amont à partir desquels l'éclusier peut orienter les bateaux sur une écluse particulière en fonction de l'état du trafic et des files d'attente.

B. Types de bateaux

Les attributs d'un bateau comprennent :

- les dimensions géométriques du rectangle auquel il est assimilé, soit un code relatif au type du bateau ;
- un code de vitesse ;
- un niveau de priorité ;
- une origine, la direction vers laquelle il se dirige n'étant fonction que de cette origine.

Les bateaux participant à la simulation ont été classés dans quatre catégories correspondant à des dimensions et des vitesses particulières:

Catégorie 1 : Convois poussés

160 m x 12 m

140 m x 12 m

100 m x 12 m

Catégorie 2 : Automoteurs de canal (AMC)

seul : 40 m x 5 m

AMC + 1 barge : 80 m x 5 m

Catégorie 3 : Automoteurs de Seine (AMS)

seul : 40 m x 7 m

AMS + 1 barge : 100 m x 12 m⁽¹⁾

Catégorie 4 : Divers

Caboteur : 40 m x 7 m .

Le caboteur a priorité sur tous les autres bateaux en cas d'attente.

(1) Les dimensions réelles de cet ensemble sont de 80 m x 7 m, mais du point de vue de l'occupation du sas il peut être assimilé à la catégorie des bateaux de 100 m x 12 m.

C. Lois aléatoires de départ des bateaux

Les lois des probabilités cumulées des intervalles de temps séparant deux bateaux successifs d'une même catégorie ont été obtenues par le dépouillement d'une enquête statistique.

Il est donc possible de reproduire par tirage au sort les intervalles de temps séparant les arrivées de bateaux d'une même catégorie.

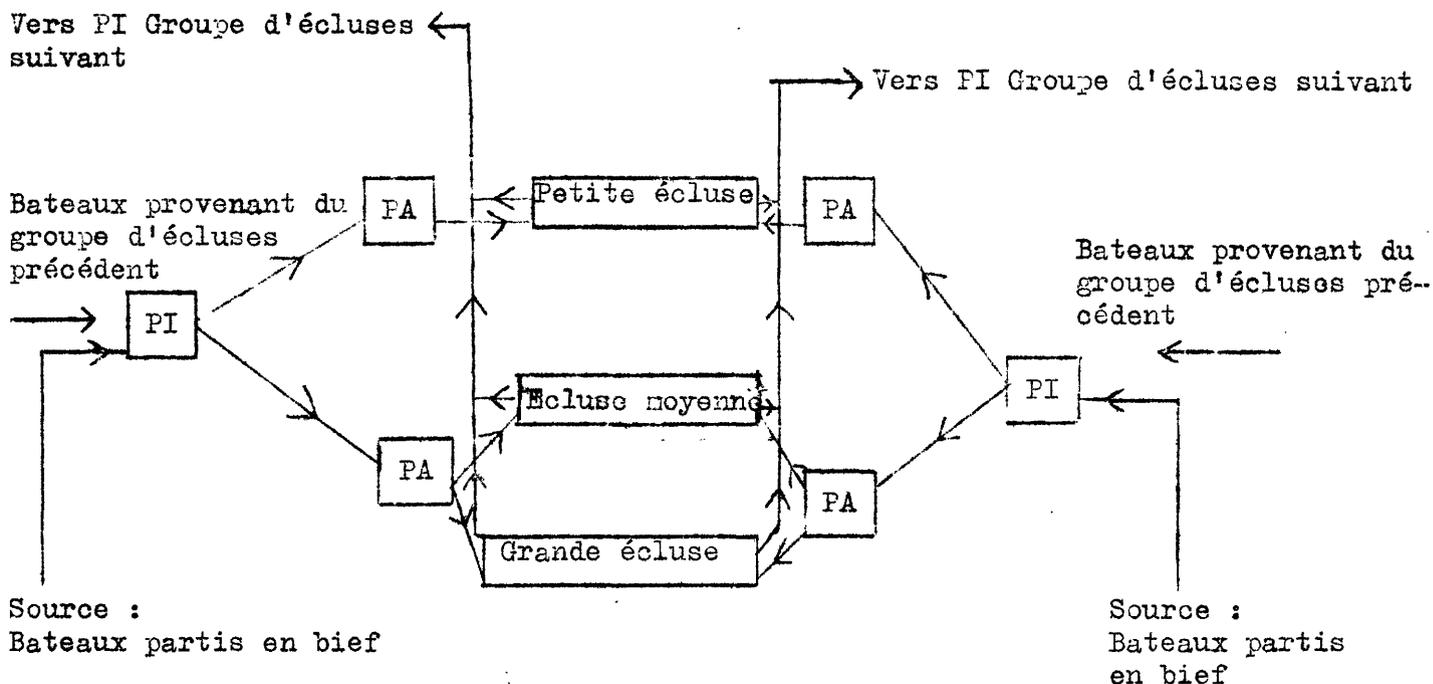
Une fois connue la date de départ en bief d'un bateau à partir d'une origine (point d'information) déterminée, celui-ci doit recevoir un code de vitesse tiré au sort parmi trois ou quatre codes possibles fonction du sens de parcours de la Basse-Seine, donc de l'origine du bateau.

La probabilité de chacun de ces codes a été déterminée.

Enfin, un dernier tirage au sort permettra de déterminer le type du bateau dans une catégorie.

Le bateau se trouve alors pourvu de tous ses attributs et il peut être pris en compte par la simulation.

Figure 1 - Modèle correspondant à un groupe d'écluses



Les rectangles correspondent à des listes dans lesquelles sont placés les bateaux avec la date de leur passage au point correspondant (à l'exclusion des écluses).

Les flèches définissent les parcours suivis par les bateaux.

PA : point d'attente

PI : point d'information.

.../...

D. Traitement des bateaux

Au fur et à mesure des arrivées des bateaux, ceux-ci sont placés dans la file d'attente correspondant à l'une des écluses en fonction de leurs caractéristiques et de la situation des files d'attente. S'il s'agit d'une grande écluse, le bateau est ajouté à la bassinée en cours de composition suivant la place restant disponible dans cette bassinée.

Lorsqu'une écluse devient libre, le premier bateau ou les bateaux de la première bassinée en attente sont éclusés. A cet effet, on calcule la durée des manoeuvres d'entrée, le temps d'inversion et l'heure de sortie. Les bateaux correspondants peuvent alors être éliminés du modèle, après qu'on a enregistré certains paramètres caractéristiques de leur passage : catégorie du bateau, temps d'attente, temps de franchissement, etc.

Ainsi le déroulement de la simulation est commandé par un enchaînement d'événements (arrivée d'un bateau, ouverture des portes d'une écluse, etc.) dont les dates sont calculées de proche en proche. Il est possible de suivre ce déroulement en faisant imprimer par le programme les caractéristiques des événements successifs.

ANNEXE II. 3

COÛT MARGINAL D'ACCIDENT DE LA ROUTE

En matière de coûts d'accidents, les coûts supportés par chaque usager ont un caractère aléatoire et non pas certain comme en matière de coûts d'exploitation. Les charges que chaque usager supporte effectivement, nullement évidentes a priori, résultent de l'application de principes juridiques.

Le droit civil enseigne, en effet, qu'en matière d'accident chacun doit supporter le coût des accidents dont il est civilement responsable. Il arrive cependant que, dans certains accidents, la responsabilité civile d'un véhicule ne puisse pas être clairement établie ou encore que le responsable ne puisse pas être identifié, par exemple parce qu'il s'est enfui. Dans de tels cas, les tribunaux admettent en général que chacun supporte les coûts qu'il a subis.

Pour se couvrir contre leur responsabilité civile, la plupart des usagers souscrivent des assurances qui constituent un moyen de payer forfaitairement le coût des accidents dont ils seront peut-être responsables. L'assurance dite "aux tiers", limite cette couverture forfaitaire aux seuls coûts causés aux tiers, l'usager qui a souscrit une telle assurance, conserve donc la charge pleine et entière des coûts, pour son propre véhicule et les personnes transportées, des accidents dont il aurait la responsabilité civile. L'assurance dite "tout risque", couvre forfaitairement la totalité des coûts.

Cependant l'existence d'assurance ne doit pas faire perdre de vue que l'élément fondamental est le principe juridique rappelé plus haut et que les assurances ne constituent qu'un moyen de se prémunir contre les conséquences pécuniaires de l'application de ce principe.

.../...

.../...

EXPRESSION THEORIQUE DU COUT MARGINAL D'ACCIDENT

Expression du coût total des accidents par km et unité de temps, sur une infrastructure où circulent plusieurs catégories de véhicules.

$\alpha_i (q_j)$: nombre moyen d'accidents dont le véhicule du type i est civilement responsable, ou dont sa responsabilité n'a pas été reconnue.

$a_i (q_j)$: coût moyen d'un accident de ce type.

Ces deux grandeurs dépendent des débits des diverses catégories (q_j).

Les principes juridiques rappelés en introduction entraînent un coût total moyen d'accident pour chaque catégorie $L_i (q_j)$.

$$L_i (q_j) = a_i (q_j) \cdot \alpha_i (q_j)$$

Le coût total d'accident est donc

$$C = \sum_i q_i L_i = \sum_i q_i \cdot a_i (q_j) \cdot \alpha_i (q_j)$$

D'après la théorie économique un véhicule de catégorie k doit payer le coût marginal: $\partial C / \partial q_k$.

Or, d'après les règles du droit civil il supporte L_k . La quantité qu'il convient de lui faire payer sous forme de péage est donc :

$$p_a^k = \frac{\partial C}{\partial q_k} = L_k = \sum_i q_i \frac{\partial L_i}{\partial q_k} = \sum_i q_i \cdot \frac{\partial (a_i \cdot \alpha_i)}{\partial q_k}$$

ANNEXE II. 4

DETERMINATION DES COEFFICIENTS D'EQUIVALENCE
RELATIFS A L'OCCUPATION DE LA CAPACITE DES
ROUTES (SYSTEME DU COUT TOTAL)

Le calcul des coefficients d'équivalence se fait sur la base des temps de parcours.

Le temps total T mis par les véhicules, pendant une certaine période, pour effectuer un parcours déterminé, peut être exprimé par la fonction suivante :

$$T(N_1, N_2, \dots, N_n) = \sum_{i=1}^n N_i t_i(N_1, N_2, \dots, N_n)$$

dans laquelle

N_1, N_2, \dots, N_n représentent le nombre de véhicules de la catégorie 1, 2, ... n et

$t_i(N_1, N_2, \dots, N_n)$ le temps nécessaire à un véhicule de la catégorie i pour effectuer le parcours en question.

Une variation du volume de la catégorie i influence la fonction du temps total de la façon suivante :

$$dT = t_i dN_i + \sum_{k=1}^n N_k \frac{\partial t_k}{\partial N_i} dN_i$$

Le premier terme de la partie droite de l'égalité exprime le temps nécessaire au trafic supplémentaire pour parcourir une distance donnée.

Le deuxième terme est égal au total des variations marginales du temps nécessaire au trafic de base et qui sont provoquées par le trafic supplémentaire.

Les coefficients d'équivalence sont basés sur les influences que le trafic supplémentaire des différentes catégories exerce à chaque instant sur le trafic existant. Ceci signifie que ce n'est que le deuxième terme qui doit être pris en considération.

Le coefficient d'équivalence de la catégorie i par rapport à la catégorie j est alors

$$e_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^n N_k \frac{\int t_k}{\delta^{n_i}}}{\sum_{k=1}^n N_k \frac{\int t_k}{\delta^{n_j}}}$$

La dérivation est donc strictement parallèle à celle adoptée dans le système des coûts marginaux sociaux pour le calcul du coût marginal de congestion. Au lieu des fonctions de coûts dérivées pour les diverses catégories de trafic qui s'obtiennent pour les coefficients d'équivalence basés sur les gênes exprimées en valeur monétaire, il s'agit ici de fonctions dérivées du temps nécessaire aux diverses catégories de véhicules pour parcourir une distance donnée. Il y a donc une double différence par rapport au calcul du coût marginal de congestion. D'une part, on ne prend en compte dans le présent calcul que la valeur physique de la gêne et non pas sa valeur monétaire. D'autre part, on se base sur le temps de parcours des seuls véhicules sans tenir compte du nombre d'occupants ou de la quantité de marchandises transportées .

Les calculs ont été effectués à partir d'ajustements linéaires sur les vitesses moyennes qui se sont révélés plus satisfaisants que les ajustements sur les temps de parcours. L'expression analytique du coefficient d'équivalence en fonction des vitesses est la suivante :

.../...

Puisque $t_i = \frac{l}{V_i}$

où l est la longueur du trajet et

V_i la vitesse moyenne de la catégorie i (moyenne pondérée),
on obtient l'égalité

$$e_{i,j} = \frac{\sum_k N_k \frac{\delta l}{v_k}}{\sum_k \frac{N_k}{v_k} \frac{\delta l}{v_k}} = \frac{\sum_k \frac{N_k}{v_k^2} \frac{\delta v_k}{\delta N_i}}{\sum_k \frac{N_k}{v_k^2} \frac{\delta v_k}{\delta N_j}}$$

On peut aussi arriver à ce résultat en partant du nombre de véhicules et des vitesses. Les coefficients d'équivalence sont déterminés dans ce cas par l'influence des véhicules supplémentaires de diverses catégories sur la vitesse moyenne du trafic existant. Il est à remarquer que la vitesse moyenne v , sur une section de route, est déterminée à partir de la moyenne pondérée des vitesses observées à un point de comptage ; alors

$$\frac{1}{v} = \sum_1^n \frac{N_i}{v_i}$$

$$dv = -v^2 \left(\frac{1}{v_i} dN_i - \sum_{k=1}^n \frac{N_k}{v_k^2} \frac{\delta v_k}{\delta N_i} dN_i \right) .$$

Le premier terme de la parenthèse ne doit pas être pris en considération, étant donné qu'il mesure l'influence directe du véhicule supplémentaire sur la vitesse moyenne. Du deuxième terme résulte un coefficient d'équivalence qui est égal à celui ci-dessus.

ANNEXE III. 1

RESULTATS NUMERIQUES DE L'ETUDE DE LA DEMANDE DE
TRANSPORT DE PERSONNES

Les résultats numériques de l'ajustement des équations 1 à 8 (voir §§ 30.11 à 30.21) et du calcul des coefficients $\bar{\lambda}_{ij}^{km}$ sont les suivants (par souci de concision, ne sont indiqués que les résultats des ajustements moyens sur l'ensemble de l'échantillon pour certaines équations) :

A - Voyages personnels de moins de quatre jours

A - 1 Mode de transport

A - 11 Probabilité de prendre le train au moins une fois en un an (possesseurs de voiture)

$$Z_1 = 0,25 X_1 + 0,05 X_2 + 0,68 X_3 - 0,04 X_4 + 0,02 X_5 + 0,12 X_6 - 0,01 X_7 + 0,26$$

$$R = 0,40$$

$$\pi_1 = \frac{e^{4,82 Z_1 - 2,30}}{1 + e^{4,82 Z_1 - 2,30}}$$

$$P = 0,84$$

A - 12 Probabilité pour les possesseurs de voiture de prendre le train pour une destination donnée (si on a pris au moins une fois le train en un an)

Pour le motif "visites ou affaires personnelles"

$$Z_2 = 0,04 \frac{RC}{FC} + 0,33 \frac{RT}{FT} - 0,06 Y_3 + 0,02 Y_4 + 0,25 Y_5 - 0,10$$

$$R = 0,38$$

.../...

$$\pi_2 = \frac{e^{4,60 Z_2 - 3,31}}{1 + e^{4,60 Z_2 - 3,31}}$$

$$R = 0,94$$

Pour le motif "vacances ou tourisme"

$$Z'_2 = 0,003 \frac{RC}{FC} + 0,38 \frac{RT}{FT} - 0,003 Y_3 - 0,001 Y_4 + 0,24 Y_5 - 0,11$$

$$R = 0,46$$

$$\pi'_2 = \frac{e^{5,23 Z'_2 - 3,51}}{1 + e^{5,23 Z'_2 - 3,51}}$$

$$R = 0,66$$

A - 2 Variables intermédiaires

$$N_3 = 0,06 X_8 + 0,10 X_9 + 0,08 X_{10} + 0,01 X_{11} - 0,02 X_{12} + 0,76 X_{13} + 0,99 X_{14} + 0,59 X_{15} + 0,52 X_{16} + 1,32$$

$$R = 0,31$$

A - 3 Fréquence par voyage

A - 31 Probabilité de ne faire aucun voyage en un an

$$Z_3 = 2,16 \cdot 10^{-5} A^2 + \frac{1,042}{R} - 0,18 X_{13} + 0,12 \quad \text{où A est l'âge et R le revenu (en francs)}$$

$$R = 0,48$$

$$\pi_3 = \frac{e^{7,75 Z_3 - 4,35}}{1 + e^{7,75 Z_3 - 4,35}}$$

$$R = 0,98$$

.../...

A - 32 Fréquence par voyage (pour ceux qui ont fait au moins un voyage en un an)

en voiture :

$$N = C (RC)^a (N_3)^b$$

	Visites, affaires personnelles				Vacances ou tourisme			
	a	b	c	R	a	b	c	R
Paris	- 0,43	- 0,52	18,3	0,37	- 0,56	- 1,00	51,3	0,54
Région parisienne	- 0,44	- 0,45	20,5	0,41	- 0,20	- 0,42	6,1	0,29
Rouen	- 0,59	- 0,55	45,5	0,53	- 0,23	- 0,53	10,8	0,28
Le Havre	- 0,93	- 0,50	91,3	0,71	- 0,41	- 0,24	13,7	0,29
Grandes villes de province	- 0,43	- 0,22	18,0	0,30	- 0,54	- 0,20	13,5	0,36
Petites villes de province	- 0,53	- 0,16	25,0	0,35	- 0,54	- 0,25	18,0	0,39
Total	- 0,56	- 0,35	30,0	0,43	- 0,46	- 0,34	15,2	0,34

en train :

pour les voyages à moins de 150 km

$$N = 0,25 FC$$

pour les voyages à plus de 150 km

$$N = \frac{6,57}{(FC)^{0,283}}$$

La première fonction est croissante à cause des substitutions du train par la voiture, qui sont de moins en moins fréquentes lorsque la distance croît.

.../...

B - Voyages pour affaires

B - 1 Mode de transport

Probabilité pour les possesseurs de voiture de prendre le train pour une destination donnée :

$$Z_4 = 0,90 \frac{RT}{FT} + 0,15 X_{17} - 0,33$$

$$R = 0,56$$

$$\pi_4 = \frac{e^{1,99 Z_4}}{1 + e^{1,99 Z_4}}$$

$$R = 0,70$$

B - 2 Fréquence

en voiture :

$$N = - 0,043 RC + 7,25 \quad R = 0,28$$

en train :

$$N = - 0,068 FC + 6,64 \quad R = 0,42.$$

ANNEXE III. 2

VOYAGES PERSONNELS DE MOINS DE QUATRE JOURS EN VOITURE - COEFFICIENTS D'ATTRACTION

Valeurs de l'expression $\alpha_{ij} \times 100$ par couples origine-destination

Dest. / Orig.	101	104	105	110	131	133	141	161	202	212	215	223	230	327
101	-			11,26		0,53		8,06			0,05	1,31	1,53	
104		-		10,93		2,73		1,23					0,49	
105			-		4,87			1,37				1,57	1,52	
110	0,27	11,34		-	35,92	92,18	9,33	55,79			12,16	9,24	21,83	
131		2,75	4,25	34,35	-				3,35		1,82		0,85	
133		0,76		107,88		-			0,49				1,06	
141				26,01			-			2,62	0,74	0,63	0,33	0,79
161	0,21	1,32	1,18	54,52				-	9,67		0,86	6,30	10,78	0,15
202					3,81	0,27		10,19	-	51,03	31,56	7,75	10,57	
212							0,82		41,09	-		11,87	2,50	
215				20,10	3,14		0,40	1,54	47,01		-	5,75	1,40	
223			1,60	10,73			0,25	7,57	7,72	13,51	3,85	-	85,97	
230	0,04	0,50	1,40	23,00	0,80	0,47	0,20	10,00	9,00	2,50	0,82	70,00	-	
327							1,97	1,00						-
475				3,29	0,17	0,04	0,57	2,19				4,71	2,32	
478				13,92		0,65		8,25			0,10	1,45	1,55	
479				12,64		0,67		8,52				1,44	1,54	
491				2,68	1,10	0,60		2,30				2,15	2,90	
492				4,51	0,23	0,05	0,73	2,80				6,15	2,99	
495				1,88	1,27			2,21			0,15	1,20	0,55	

ANNEXE III. 3

CALCUL DES COUTS DE TRANSPORT
DE LA HOUILLE

TABLEAU N° 1 - LISTE DES EXPEDITIONS TYPES DE HOUILLE PAR TRANSPORT LOURD

Mode de transport utilisé	Relation				Distance (directe)	Tonnage annuel expédié	Taille moyenne du lot		Rattachement aux modes de transport			
	N° d'ordre	Point d'origine	Point de destination	Moyenne			Mode emprunté	Mode concurrent	Point d'origine		Point de destination	
									Relié au fer	Relié à l'eau	Relié au fer	Relié à l'eau
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Fer	1	Le Havre	Choisy-le-Roi	Moyenne	Moyen (14.000 t)	Importante (> 1.000 t)	Moyenne (500 t)	Oui	Oui	Oui	Non	
	2	Billy-Montigny	Petit-Quevilly	Moyenne	Moyen (20.000 à 30.000 t)	Importante (> 1.000 t)	Faible (290 t)	Oui	Non	Oui	Oui	
	3	Pont-à-Vendin	Rouen-Orléans	Moyenne	Moyen (8.000 à 15.000 t)	Importante (> 1.000 t)	Faible (290 t)	Oui	Oui	Oui	Oui	
	4	Bening	St-Etienne-du-Rouvray	Importante	Moyen (1.000 à 20.000 t)	Importante (> 1.000 t)	Faible (250 t)	Oui	Non	Oui	Oui	
Eau	5	Le Havre	Porcheville	Moyenne	300.000 t		Importante (> 1.000 t)	Oui	Oui	Oui	Oui	
	6	Le Havre	Gennevilliers	Moyenne	Faible (867 t)	Moyenne (320 t)	Moyenne (400 ou 800 t)	Oui	Oui	Oui	Oui	
	7	Le Havre	Charenton	Moyenne	Moyen (7.019 t)		Moyenne ou importante (400 ou > 1.000 t)	Oui	Oui	Oui	Oui	
	8	Rouen	Le Havre-Canal	Faible	Moyen (4.390 t)	Moyenne (410 t)	Moyenne ou importante (400 ou > 1.000 t)	Oui	Oui	Oui	Oui	
	9	Lérouville	Rouen	Grande	Faible (232 t)	Faible (250 t)	Faible (250 t)	Oui	Oui	Oui	Oui	

TABLEAU N° 2 - VALEUR DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU COUT DE TRANSPORT
HYPOTHESE HAUTE

Eléments constitutifs du coût	Mode emprunté :	Mode concurrent : VOIE D'EAU		Mode emprunté :	Mode concurrent : FER	
	FER	Avec transports terminaux	Sans transports terminaux	VOIE D'EAU	Avec transports terminaux	Sans transports terminaux
1	2	3	4	5	6	7
1. Reprise sur stock et chargement (sur wagon, camion ou péniche)	L'établissement expéditeur est relié au fer (2,10 FF/t)	L'établissement expéditeur n'est pas relié à l'eau (1,60 FF/t)	Cf. même ligne colonne (5)	L'établissement expéditeur est relié à l'eau (1,60 FF/t)	L'établissement expéditeur n'est pas relié au fer (1,60 FF/t)	Cf. même ligne, colonne (2)
2. Transport d'approche	-	Transport par camion et stockage intermédiaire au port (2,75 FF/t + 0,20 FF/t + 0,30 x nombre de km en charge)	-	-	Transport par camion et stockage intermédiaire en gare (2,75 FF/t + 0,20 FF/t + 0,30 x nombre de km en charge)	-
3. Transbordement	-	Chargement sur péniche (1,60 FF/t)	-	-	Chargement sur wagon (2,10 FF/t)	-
4. Transport principal	Cf. même ligne, colonne (6)	Barèmes publiés	Cf. même ligne, colonne (3)	Cf. même ligne, colonne (3)	Barèmes publiés compte tenu des conditions de tonnage et de régularité	Cf. même ligne, colonne (6)
5. Transbordement	L'établissement destinataire est relié au fer	L'établissement destinataire n'est pas relié à l'eau (2,00 FF/t)	Cf. même ligne, colonne (5)	L'établissement destinataire est relié à l'eau	L'établissement destinataire n'est pas relié au fer (1,50 FF/t)	Cf. même ligne, colonne (2)

: Eléments constitutifs : du coût	: Mode concurrent : VOIE D'EAU		: Mode concurrent : FER			
	: emprunté : : FER	: Sans transports terminaux : : transports terminaux	: emprunté : : VOIE D'EAU	: Sans transports terminaux : : transports terminaux		
: 1	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6	: 7
: 6. Transport terminal:	: -	: Transport par camion et mise:	: -	: -	: Transport par camion et mise:	: -
		: sur stock (2,75 FF/t + 0,30			: sur stock (2,75 FF/t + 0,30	
		: x nombre de km en charge)			: x nombre de km en charge)	
: 7. Déchargement et	: (1,50 FF/t)	: (0,20 FF/t)	: (2,00 FF/t)	: (2,00 FF/t)	: 0,20 FF/t)	: (1,50 FF/t)
: mise sur stock						
: 8. Autres coûts	: -	: (1,00 FF/t)	: (1,00 FF/t)	: (1,00 FF/t)	: -	: -
: (détérioration du						
: produit, en dif-						
: férentielle)						

TABLEAU N° 3 - VALEUR DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU COUT DE TRANSPORT
HYPOTHESE BASSE

Eléments constitutifs du coût	Mode	Mode concurrent : VOIE D'EAU		Mode	Mode concurrent : FER	
	emprunté : FER	Avec transports terminaux	Sans transports terminaux	emprunté : VOIE D'EAU	Avec transports terminaux	Sans transports terminaux
1	2	3	4	5	6	7
1. Reprise sur stock et chargement (sur wagon, camion ou péniche)	L'établissement expéditeur est relié au fer (1,60 FF/t)	L'établissement expéditeur n'est pas relié à l'eau (1,10 FF/t)	Cf. même ligne colonne (5)	L'établissement expéditeur est relié à l'eau (1,10 FF/t)	L'établissement expéditeur n'est pas relié au fer (1,00 FF/t)	Cf. même ligne colonne (2)
2. Transport d'approche	-	Transport par camion et stockage intermédiaire au port (2,75 FF/t + 0,20 FF/t + 0,30 x nombre de km en charge)	-	-	Transport par camion et stockage intermédiaire en gare (2,75 FF/t + 0,20 FF/t + 0,30 x nombre de km en charge)	-
3. Transbordement	-	Chargement sur péniche (1,10 FF/t)	-	-	Chargement sur wagon (1,60 FF/t)	-
4. Transport principal	Cf. même ligne, colonne (6)	Barèmes publiés compte tenu de certaines tolérances résultant d'éventuels contrats à temps ou au tonnage	Cf. même ligne colonne (3)	Cf. même ligne, colonne (3)	Barèmes publiés compte tenu des meilleures conditions de tonnage et de régularité ainsi que des avantages résultant d'éventuels contrats de fidélité ou au tonnage	
5. Transbordement	L'établissement destinataire est relié au fer -	L'établissement destinataire n'est pas relié à l'eau (1,50 FF/t)	Cf. même ligne colonne (5)	L'établissement destinataire est relié à l'eau -	L'établissement destinataire n'est pas relié au fer (1,00 FF/t)	Cf. même ligne, colonne (2)

Eléments constitutifs du coût	Mode	Mode concurrent : VOIE D'EAU		Mode	Mode concurrent : FER	
	emprunté : FER	Avec transports terminaux	Sans transports terminaux	emprunté : VOIE D'EAU	Avec transports terminaux	Sans transports terminaux
1	2	3	4	5	6	7
6. Transport terminal:	-	:Transport par camion et :mise sur stock (2,75 FF/t + :0,30 x nombre de km en char- :ge)	-	-	:Transport par camion et mise: :sur stock (2,75 FF/t + 0,30 :x nombre de km en charge)	
7. Déchargement et mise sur stock	:(1,00 FF/t):	(0,20 FF/t)	:(1,50 FF/t)	:(1,50 FF/t):	(0,20 FF/t)	:(1,00 FF/t)
8. Autres coûts (détérioration du produit, en diffé- rentielle)	-	(1,00 FF/t)	:(1,00 FF/t)	:(1,00 FF/t):	-	-

TABLEAU N° 4 - CALCUL COMPARE DES COUTS DE TRANSPORT
(en francs français par tonne)

TRANSPORT PAR FER

Relation de gare à gare	Distance fer km	Coût wagon isolé	Coût ou train complet	Coût de charge- ment	Coût de décharge- ment	Ristournes		Coût total de transport		
						Embran- chement	Autres	Maximum	Moyen	Minimum
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 : Le Havre - Choisy-le-Roi	218	24,20	18,97	1,60 à 2,10	1,0 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 1,90	21,98	20,24	18,49
2 : Billy-Montigny - Petit-Quevilly	203	23,03	18,17	-	1,0 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 2,10	19,08	17,49	15,89
3 : Pont-à-Vendin - Rouen - Orléans	205	23,03	18,17	-	1,0 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 2,10	19,08	17,49	15,89
4 : Bening - St Etienne-du-Rouvray	467	28,92	24,27	-	1,0 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 2,40	25,18	23,44	21,69

TRANSPORT PAR EAU

Relation de port à port	Distance : eau : km	Fret	Transport		Transport		Autres : coûts	Ris- tourmes	Coût total de transport		
			Charge- ment et :approche	:Trans- :borde- :ment	:Trans- :borde- :ment	:Terminal: :et dé- :charge- :ment			Maximum	Moyen	Minimum
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 :Le Havre - Choisy-le-Roi	-	13,67	1,10 à 1,60	-	1,50 à 2,00	1,60 + 2,75 + 0,90 + 0,20	1,0	0 à - 2,60	23,72	21,92	20,12
2 :Harnes - Petit-Quevilly	-	15,94	2,75 + 0,20 + 3 x 0,30	1,10 à 1,60	-	1,50 à 2,00	1,0	0 à - 1,60	24,39	23,04	21,69
3 :Vendin-le-Vieil-Rouen	-	15,94	-	-	-	1,50 à 2,00	1,0	0 à - 1,60	18,94	17,89	16,84
4 :Grossblittersdorf - St Etienne-du-Rouvray	-	25,94	2,75 + 0,20 + 9 x 0,30	1,10 à 1,60	-	1,50 à 2,00	1,0	0 à - 2,60	36,19	34,39	32,59

TRANSPORT PAR FER

Relation de gare à gare	Distance fer km	Coût wagon isolé	Coût ou train complet	Coût rame :ou train complet	Coût de charge- ment	Coût de décharge- ment	Ristournes		Coût total de transport		
							Embran- chement	Autres	Maximum	Moyen	Minimum
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
5 : Le Havre - Gargenville	160	20,66	16,22	1,60 à 2,10	1,00 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	- 1,32 à - 2,92	17,91	16,32	14,72	
6 : Le Havre - Gennevilliers	201	23,62	20,27 à 22,57	1,60 à 2,10	1,00 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 2,30	25,58	22,49	19,39	
7 : Le Havre - Paris - Bercy	213	24,20	19,07 à 23,12	1,60 à 2,10	1,00 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 2,30	26,13	22,16	18,19	
8 : Rouen - Le Havre	90	15,14	12,07 à 14,52	1,60 à 2,10	1,00 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 1,50	17,53	14,76	11,99	
9 : Lerouville - Rouen	442	28,92	28,92	-	1,00 à 1,50	- 0,59 à - 1,18	0 à - 2,90	30,42	28,13	25,84	

TRANSPORT PAR EAU

Relation de port à port	Distance eau km	Fret	Transport	Transport	Autres coûts	Ris- tourne	Coût total de transport				
			d'approche	terminal			Charge- ment et approche	Trans- borde- ment	Trans- borde- ment	Terminal et dé- charge- ment	Maximum
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 : Le Havre - Porcheville	-	11,19	1,10 à 1,60	-	-	1,50 à 2,00	1,00	0 à - 2,20	15,79	14,19	12,59
6 : Le Havre - Gennevilliers	-	12,17	1,10 à 1,60	-	-	1,50 à 2,00	1,00	0 à - 2,40	16,77	15,07	13,37
7 : Le Havre - Charenton	-	13,21	1,10 à 1,60	-	-	1,50 à 2,00	1,00	0 à - 2,60	17,81	16,01	14,21
8 : Rouen - Le Havre-Canal	-	5,61	1,10 à 1,60	-	-	1,50 à 2,00	1,00	0 à - 1,10	10,21	9,16	8,11
9 : Lerouville - Rouen	-	20,78	-	-	-	1,50 à 2,00	1,00	0 à - 2,10	23,78	22,48	21,18

ANNEXE III. 4

TRANSPORTS LEGERS - LISTE DES MODELES ACCEPTABLES

TRANSPORTS LEGERS - LISTE DES MODELES ACCEPTABLES
(Modèles log-log - Définition en 56 groupes de produits et 8 classes de tonnage)

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	Blé	6	GG (2)	RO (3)	554-13	1.362	10.623	40,7	0,589	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 4,51 - 0,02 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 4,71 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,35) (0,45) (0,28)
		6	GG	RO	554-13	1.362	10.623	40,7	0,589	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 4,50 - 4,71 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,33) (0,28)
		8	EG (2)	RO	605-21	2.028	10.960	44,5	0,582	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,12 - 14,17 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,21) (0,85)
		8	EG	RO	605-21	2.028	10.960	44,5	0,594	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 8,97 - 8,85 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,58) (0,49)
		9	EE (2)	RO	611-8	2.419	10.585	44,2	0,626	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,26 + 9,65 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 0,36 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,83) (0,51) (0,70)
		9	EE	RO	611-8	2.419	10.585	44,2	0,626	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,70 + 9,73 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,05) (0,49)
02	Autres céréales	8	EG	RO	292-20	1.528	3.692	23,4	0,587	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,48 + 1,65 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 2,25 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,29) (0,31) (0,24)
		8	EG	RO	292-20	1.528	3.692	23,4	0,529	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,22 - 2,58 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,27) (0,24)
03	Matières textiles	14	EE	RA (3)	156-9	300	1.112	99,6	0,742	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,24 + 0,20 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 4,51 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,16) (1,01) (0,34)
		14	EE	RA	156-9	300	1.112	99,6	0,742	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,24 - 4,52 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,16) (0,33)
		15	Ens (2)	RA	164-11	322	1.140	100,0	0,725	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,10 + 1,48 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 4,14 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,16) (0,49) (0,33)
		15	Ens	RA	164-11	322	1.140	100,0	0,707	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,16 - 4,27 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,17) (0,34)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

(2) GG Trafic de gare à gare
EG Trafic d'embranchement à gare
EE Trafic d'embranchement à embranchement
Ens Ensemble des conditions de desserte

(3) RO Régime ordinaire
RA Régime accéléré

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FFR	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
04	Bois en grumes, traverses en bois	8	EG	RO	774-35	987	13.092	43,5	0,596	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,96 - 3,15 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,88 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,13) (0,56) (0,09)
		8	EG	RO	774-35	987	13.092	43,5	0,573	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,49 - 1,83 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,09)
		14	EE	RA	2.999-157	10.046	42.257	99,8	0,586	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,13 - 2,07 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,77 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,03) (0,23) (0,07)
		14	EE	RA	2.999-157	10.046	42.257	99,8	0,570	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,14 - 2,81 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,03) (0,07)
05	Autres bois	10	Ens	RO	218-9	1.793	396	100,0	0,638	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 4,05 - 3,16 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,25) (0,26)
06	Peaux et pelleteries	14	EE	RA	22-5	79	165	100,0	0,853	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,09 - 3,03 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,45 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,52) (0,35)
		14	EE	RA	22-5	79	165	100,0	0,697	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,36 - 3,04 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,70)
07	Caoutchouc	9	EE	RO	205-11	471	3.198	44,2	0,857	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,73 + 4,33 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,14 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,14) (0,34) (0,12)
		9	EE	RO	205-11	471	3.198	44,2	0,564	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,71 + 5,29 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,07) (0,54)
		9	EE	RO	205-11	471	3.198	44,2	0,725	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,41 - 2,38 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,18) (0,16)
		10	Ens	RO	638-19	601	7.708	100,0	0,726	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,24 - 2,08 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,03 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,18) (0,18) (0,16)
		10	Ens	RO	638-19	601	7.708	100,0	0,524	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,05 - 3,18 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,06) (0,20)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle		
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
07	Caoutchouc (suite)	10	Ens	RO	638-19	601	7.708	100,0	0,650	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,47$ (0,20)	$- 3,68 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,17)
		15	Ens	RA	172-9	206	2.844	100,0	0,629	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,37 + 1,23 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,11) (0,30)	$- 1,36 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,13)
		15	Ens	RA	172-9	206	2.844	100,0	0,581	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,39$ (0,11)	$- 1,96 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12)
08	Sucre brut - mélasse	9	EE	RO	556-13	2.657	8.239	98,6	0,640	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,85 - 2,02 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,24) (0,59)	$- 4,04 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,21)
		9	EE	RO	556-13	2.657	8.231	98,6	0,630	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,62$ (0,24)	$- 3,78 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,20)
09	Boissons autres que le vin	11	GG	RA	505-29	705	3.295	56,4	0,603	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,34 - 3,18 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,10) (0,20)	$- 0,05 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12)
		11	GG	RA	505-29	705	3.295	56,4	0,603	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,31 - 3,15 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,06) (0,19)	
		13	EG	RA	94-11	226	591	11,5	0,870	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,46 - 2,42 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,14) (0,42)	$- 3,73 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,30)
		13	EG	RA	94-11	226	591	11,5	0,578	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,17 - 4,34 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,16) (0,64)	
		13	EG	RA	94-11	226	591	11,5	0,817	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,24$ (0,16)	$- 4,36 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,32)
10	Café, chocolat			Pas de	modèle	acceptable					
11	Miel et glucose			Pas de	modèle	acceptable					

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	Farines, malt, légumes secs	9	EE	RO	1.150-29	15.401	9.011	74,7	0,606	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -2,40 - 12,27 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 2,49 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,38) (0,76) (0,33)
		9	EE	RO	1.150-29	15.401	9.011	74,7	0,579	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,51 - 15,48 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,64)
		10	Ens	RO	1.710-46	20.202	12.476	100,0	0,711	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,78 - 9,66 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 2,37 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,24) (0,25) (0,20)
		10	Ens	RO	1.710-46	20.202	12.476	100,0	0,682	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,03 - 10,09 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,26)
		14	EE	RA	160-6	118	3.325	88,5	0,863	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,39 + 7,75 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,19 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12) (0,51) (0,19)
		14	EE	RA	160-6	118	3.325	88,5	0,520	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,59 + 6,49 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,85)
		14	EE	RA	160-6	118	3.325	88,5	0,607	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,13 - 2,78 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,18) (0,29)
		15	Ens	RA	271-7	121	3.768	100,0	0,760	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,05 - 1,38 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,70 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,16) (0,09) (0,25)
		15	Ens	RA	271-7	121	3.768	100,0	0,625	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,63 - 1,38 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,11)
13	Biscuits, pâtes, fruits en conserves	9	EE	RO	93-8	177	814	53,1	0,660	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,43 - 1,09 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,14) (0,13)
		10	Ens	RO	181-10	216	1.652	100,0	0,886	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,28 - 2,98 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,96 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12) (0,17) (0,11)
		10	Ens	RO	181-10	216	1.652	100,0	0,614	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,90 - 3,02 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,05) (0,29)
		10	Ens	RO	181-10	216	1.652	100,0	0,645	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,99 - 1,98 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,20) (0,18)
		13	EG	RA	178-6	91	1.679	51,0	0,922	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,59 - 1,55 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,03 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,08) (0,08) (0,12)
		13	EG	RA	178-6	91	1.679	51,0	0,565	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,26 - 1,45 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,16)
		13	EG	RA	178-6	91	1.679	51,0	0,697	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,28 - 2,89 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,14) (0,22)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	Tourteaux	8	EG	RO	234-21	1.640	3.008	45,8	0,701	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,19 - 9,11 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,11) (0,61)
		9	EE	RO	392-21	4.315	3.500	77,1	0,586	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,98 - 9,00 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,55 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,52) (0,77) (0,48)
		9	EE	RO	392-21	4.315	3.500	77,1	0,500	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,13 - 9,37 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,05) (0,82)
		10	Ens	RO	519-33	5.995	4.146	100,0	0,654	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,87 - 6,77 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,09 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,28) (0,37) (0,26)
		10	Ens	RO	519-33	5.995	4.146	100,0	0,597	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,65 - 6,61 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,04) (0,39)
15	Autres nourritures pour animaux			Pas de	modèle	acceptable				
16	Oléagineux	11	GG	RA	122-9	189	1.731		0,667	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,72 + 2,83 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,52 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,10) (0,41) (0,17)
		14	EE	RA	151-14	406	1.766	49,1	0,586	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,36 + 0,48 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,04 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,05) (0,40) (0,12)
		14	EE	RA	151-14	406	1.766	49,1	0,580	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,37$ (0,05) $- 1,03 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12)
17	Houille et coke	8	EG	RO	2.209-32	4.909	25.106	71,8	0,614	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 6,84 + 4,60 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 8,25 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,35) (0,48) (0,26)
		8	EG	RO	2.209-32	4.909	25.106	71,8	0,592	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 8,62$ (0,31) $- 8,95 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,26)
		9	EE	RO	1.555-29	10.688	11.988	54,3	0,608	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 5,87 + 2,00 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 5,48 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,34) (0,49) (0,30)
		9	EE	RO	1.555-29	10.688	11.988	54,3	0,601	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 6,76$ (0,27) $- 6,22 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,24)
		10	Ens	RO	2.801-39	15.650	26.128	100,0	0,771	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 12,52 - 7,92 \text{ Log} \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 10,83 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,23) (0,32) (0,20)
		10	Ens	RO	2.801-39	15.650	26.128	100,0	0,712	$\text{Log} \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 12,36$ (0,25) $- 11,83 \text{ Log} \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,22)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	Minerais non ferreux (sauf cuivre et aluminium)	9	EE	RO	376-20	5.658	940	84,3	0,797	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,52 - 12,26 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 0,79 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,10) (0,49)
		9	EE	RO	376-20	5.658	940	84,3	0,755	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,74 - 11,49 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,03) (0,52)
		10	Ens	RO	449-28	6.442	1.400	100,0	0,666	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,94 - 5,46 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 0,04 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,10) (0,29)
		10	Ens	RO	449-28	6.442	1.400	100,0	0,666	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,98 - 5,46 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,03) (0,29)
19	Ferrailles, déchets		Pas de	modèle	acceptable					
20	Produits sidérurgiques	8	EG	RO	1.748-98	11.621	19.912	24,4	0,563	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,42 - 2,93 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,51 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,09) (0,24)
		8	EG	RO	1.748-98	11.621	19.912	24,4	0,508	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,70 - 2,29 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,09) (0,09)
		10	Ens	RO	6.703-178	98.671	30.613	100,0	0,590	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,32 - 5,49 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,53 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,06) (0,11)
		10	Ens	RO	6.703-178	98.671	30.613	100,0	0,526	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,83 - 5,65 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,01) (0,11)
21	Autres produits sidérurgiques	8	EG	RO	3.639-153	13.999	39.938	46,1	0,510	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,18 - 3,40 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,28 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,07) (0,17)
		15	Ens	RA	1.805-40	21.769	14.123	100,0	0,883	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = - 5,16 + 0,21 \text{ Log } \frac{PF}{PR} + 8,84 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,08) (0,25)
		15	Ens	RA	1.805-40	21.769	14.123	100,0	0,883	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = - 5,13 + 8,80 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,08) (0,11)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de dessertes	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	Métaux bruts non ferreux	8	EG	RO	731-48	1.152	4.649	14,9	0,744	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,79 + 0,51 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,82 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,35)
		8	EG	RO	731-48	1.152	4.649	14,9	0,743	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,87 - 2,78 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,01) (0,01)
		14	EE	RA	1.083-32	1.248	17.455	91,7	0,639	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,74 - 1,87 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,61 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,04) (0,76)
		14	EE	RA	1.083-32	1.248	17.455	91,7	0,636	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,78 - 2,50 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,03) (0,09)
		15	Ens	RA	1.322-40	1.350	19.078	100,0	0,644	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,79 + 1,02 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,49 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,03) (0,12)
		15	Ens	RA	1.322-40	1.350	19.078	100,0	0,619	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,83 - 2,18 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,03) (0,08)
23	Sables à usage industriel	9	EE	RO	985-8	18.949	2.114	97,8	0,848	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,76 - 11,57 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,04) (0,23)
		9	EE	RO	985-8	18.949	2.114	97,8	0,767	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -7,30 + 6,33 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,23) (0,17)
		10	Ens	RO	1.030-13	19.344	2.288	100,0	0,726	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,28 - 6,04 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,18)
		10	Ens	RO	1.030-13	19.344	2.298	100,0	0,727	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -5,67 + 5,13 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,20) (0,15)
24	Argiles et terres argileuses	7	GE	RO	356-10	4.565	1.888	58,7	0,832	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = +0,98 - 7,11 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,25)
		7	GE	RO	356-10	4.565	1.888	58,7	0,643	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 5,48 - 6,10 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,33) (0,39)
		9	EE	RO	243-5	4.193	190	39,8	0,895	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 13,88 - 0,46 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 13,65 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,46) (0,39)
		9	EE	RO	243-5	4.193	190	39,8	0,894	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 14,15 - 13,90 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,40) (0,45)
		10	Ens	RO	633-17	8.855	2.266	100,0	0,886	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,08 - 7,07 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 0,00 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,22) (0,16)
		10	Ens	RO	633-17	8.855	2.266	100,0	0,886	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,08 - 7,07 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,02) (0,15)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	Sel et soufre		Pas de	modèle	acceptable					
26	Autres pierres et minéraux	8	EG	RO	527-16	1.304	5.332	35,1	0,784	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,80 - 7,63 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 1,95 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,46) (0,27) (0,45)
		8	EG	RO	527-16	1.304	5.332	35,1	0,776	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,18 - 7,58 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,07) (0,27)
		10	Ens	RO	934-28	7.844	11.006	100,0	0,744	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,08 - 6,91 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 0,03 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,30) (0,21) (0,29)
		10	Ens	RO	934-28	7.844	11.006	100,0	0,744	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,05 - 6,92 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,20)
27	Autres minéraux et chaux	8	EG	RO	354-39	1.206	3.773	16,7	0,569	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,06 - 3,99 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 0,03 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,38) (0,14)
		8	EG	RO	354-39	1.206	3.773	16,7	0,569	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,08 - 4,05 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,06) (0,31)
28	Ciments et plâtres	9	EE	RO	4.660-32	40.375	45.809	74,1	0,630	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,16 - 5,45 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,01) (0,10)
29	Autres matériaux de construction	13	EG	RA	104-17	149	341	1,7	0,618	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,29 + 1,03 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,33 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,14) (0,38) (0,18)
30	Sels de potasse bruts	9	EE	RO	356-8	7.202	342	85,7	0,760	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,84 - 0,40 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,68 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12) (0,04) (0,19)
		9	EE	RO	356-8	7.202	342	85,7	0,687	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,93 - 3,78 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,13) (0,21)
		10	Ens	RO	415-8	8.482	342	100,0	0,760	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 4,02 - 0,48 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,85 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12) (0,04) (0,19)
		10	Ens	RO	415-8	8.482	342	100,0	0,670	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 4,13 - 3,97 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,13) (0,22)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31	Autres engrais phosphatés		Pas de	modèle	acceptable					
32	Engrais potassiques nitrés	8	EG	RO	128-5	2.390	225	67,4	0,904	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -1,70 + 10,90 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,13) (0,46)
		8	EG	RO	128-5	2.390	225	67,4	0,614	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 13,94$ (1,45) $- 12,16 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (1,39)
		9	EE	RO	80-7	1.083	365	37,3	0,617	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -1,01 + 5,00 \text{ Log } \frac{PF}{PR} = 1,43 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,45) (0,90) (0,43)
		9	EE	RO	80-7	1.083	365	37,3	0,539	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,48 + 5,37 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,05) (0,95)
		10	Ens	RO	196-8	3.473	405	100,0	0,849	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -1,12 + 5,31 \text{ Log } \frac{PF}{PR} + 1,33 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,36) (0,24) (0,34)
		10	Ens	RO	196-8	3.473	405	100,0	0,836	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,28 + 5,23 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,05) (0,25)
33	Engrais manufacturés	6	GG	RO	205-9	236	3.508	0,4	0,716	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,83 - 5,01 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 2,31 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,30) (0,73) (0,25)
		6	GG	RO	205-9	236	3.508	0,4	0,555	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,16 - 7,63 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,28) (0,80)
		6	GG	RO	205-9	236	3.508	0,4	0,633	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,81$ (0,29) $- 2,98 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,26)
		7	GE	RO	158-5	310	3.198	0,3	0,982	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 9,72 - 3,79 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 8,56 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,17) (0,12) (0,14)
		7	GE	RO	158-5	310	3.198	0,3	0,865	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 7,72$ (0,42) $- 7,53 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,35)
34	Soude	8	EG	RO	94-6	941	1.002	3,6	0,633	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -2,54 + 0,14 \text{ Log } \frac{PF}{PR} + 3,26 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,42) (1,01) (0,45)
		8	EG	RO	94-6	941	1.002	3,6	0,633	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -2,50$ (0,32) $+ 3,23 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,41)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
35	Carbure de calcium		Pas de	modèle	acceptable					
36	Brais et goudrons	9	EE	RO	79-7	355	425	50,2	0,829	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,43 - 12,97 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,10) (1,00)
		9	EE	RO	79-7	355	425	50,2	0,594	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,19$ (0,30) - 1,76 $\text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$
		10	Ens	RO	179-16	456	1.099	100,0	0,737	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,06 - 3,35 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 0,01 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,29) (0,13)
		10	Ens	RO	179-16	456	1.099	100,0	0,737	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,05 - 3,35 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,06) (0,23)
37	Cellulose et déchets de papier	7	GE	RO	423-20	2.739	2.540		0,540	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -2,88 - 7,96 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 3,65 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,80) (0,64) (0,67)
		8	EG	RO	104-6	627	1.541	7,0	0,868	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,05 - 5,17 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,04) (0,29)
		8	EG	RO	104-6	627	1.541	7,0	0,858	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,89$ (0,15) - 2,56 $\text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$
		9	EE	RO	1.380-35	16.748	9.411	83,8	0,716	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,85 - 6,20 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,64 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,10) (0,25) (0,09)
		9	EE	RO	1.380-35	16.748	9.411	83,8	0,540	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,03$ (0,12) - 2,62 $\text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$
		10	Ens	RO	1.709-45	20.261	10.674	100,0	0,527	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,99 - 3,58 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,43 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,21) (0,10)
		14	EE	RA	166-9	132	1.819	100,0	0,742	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,06 + 3,98 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,12 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,18) (0,53) (0,30)
		14	EE	RA	166-9	132	1.819	100,0	0,641	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,19 + 5,75 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,54)
		14	EE	RA	166-9	132	1.819	100,0	0,630	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,56$ (0,19) - 3,17 $\text{Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
38	Fibres textiles		Pas de	modèle	acceptable					
39	Matières plastiques brutes	8	EG	RO	109-8	69	415	0,5	0,552	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,07 - 2,60 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,14) (0,38)
		14	EE	RA	103-6	135	1.728	33,5	0,529	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,74$ (0,07) $-0,89 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,14)
40	Produits colorants	9	EE	RO	286-16	347	2.373	68,0	0,816	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,09 - 1,10 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,53 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,18) (0,34) (0,15)
		9	EE	RO	286-16	347	2.373	68,0	0,808	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 3,13$ (0,18) $-3,54 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,15)
		10	Ens	RO	455-27	477	3.504	100,0	0,631	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,86 - 0,93 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,42 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,17) (0,18) (0,15)
		10	Ens	RO	455-27	477	3.504	100,0	0,603	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,81$ (0,18) $-2,44 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,15)
41	Produits médicaux et d'entretien	6	GG	RO	115-7	91	517	9,5	0,979	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,47 - 6,61 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,06) (0,13)
		6	GG	RO	115-7	91	517	9,5	0,673	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,70$ (0,41) $-3,36 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,35)
		8	EG	RO	265-11	1.310	1.484	43,7	0,813	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 4,06 - 7,51 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,50 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,41) (0,48) (0,38)
		8	EG	RO	265-11	1.310	1.484	43,7	0,777	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,40 - 9,01 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,08) (0,45)
		8	EG	RO	265-11	1.310	1.484	43,7	0,580	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 6,14$ (0,54) $-5,35 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,46)
		10	Ens	RO	666-34	3.104	3.278	100,0	0,607	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,25 - 5,72 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 0,64 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,26) (0,31) (0,23)
		10	Ens	RO	666-34	3.104	3.278	100,0	0,600	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,53 - 5,93 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,05) (0,31)
42	Explosifs		Pas de	modèle	acceptable					

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
43	Amidon - féculés	9	EE	RO	181-6	2.235	733	96,8	0,734	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -16,08 - 5,19 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 15,70 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (1,21) (0,84) (1,14)
		9	EE	RO	181-6	2.235	733	96,8	0,663	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -15,09 + 14,63 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (1,32) (1,23)
44	Matières et produits chimiques divers	11	GG	RA	145-13	458	215	78,6	0,691	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,46 + 3,43 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,10) (0,30)
		11	GG	RA	145-13	458	215	78,6	0,668	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = +0,05 + 1,71 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,06) (0,16)
		15	Ens	RA	174-15	524	321	100,0	0,813	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,56 + 3,24 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 0,75 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,07) (0,23) (0,15)
		15	Ens	RA	174-15	524	321	100,0	0,781	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,43 + 3,70 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,07) (0,23)
		15	Ens	RA	174-15	524	321	100,0	0,517	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,00 + 1,57 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,08) (0,19)
45	Appareils électriques	6	GG	RO	1.608-45	508	11.355	36,3	0,536	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,72 - 1,48 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 0,21 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,04) (0,08) (0,04)
		6	GG	RO	1.608-45	508	11.355	36,3	0,525	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,87 - 1,73 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,02) (0,07)
		7	GE	RO	1.495-49	562	8.120	26,6	0,551	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,12 - 0,60 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,19 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,12) (0,09)
		7	GE	RO	1.495-49	562	8.120	26,6	0,541	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,00 - 2,20 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,09)
		8	EG	RO	1.806-57	994	10.494	35,2	0,653	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,04 + 0,04 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,35 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,07) (0,11) (0,06)
		8	EG	RO	1.806-57	994	10.494	35,2	0,653	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,04 - 2,35 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,07) (0,06)
		9	EE	RO	2.087-70	943	12.910	42,5	0,577	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,20 + 0,70 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,51 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,06) (0,10) (0,05)
		9	EE	RO	2.087-70	943	12.910	42,5	0,564	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,23 - 1,55 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,06) (0,05)
		14	EE	RA	137-20	350	1.123	20,3	0,634	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,01 - 0,03 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 1,41 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,05) (0,19) (0,15)
		14	EE	RA	137-20	350	1.123	20,3	0,634	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,01 + 1,42 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,15)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
45 (suite)	Appareils électriques (suite)	15	Ens	RA	1.043-50	1.101	6.152	100,0	0,660	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,55 - 1,74 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,42 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,04) (0,14) (0,08)
		15	Ens	RA	1.043-50	1.101	6.152	100,0	0,508	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -1,00 - 2,84 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,03) (0,15)
		15	Ens	RA	1.043-50	1.101	6.152	100,0	0,597	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,68 - 1,83 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,04) (0,08)
46	Articles métalliques	6	GG	RO	2.667-143	1.964	11.469	9,7	0,533	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,25 - 2,59 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 0,11 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,05) (0,09) (0,05)
		6	GG	RO	2.667-143	1.964	11.469	9,7	0,532	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,16 - 2,66 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,03) (0,08)
		11	GG	RA	467-40	266	2.611	20,6	0,610	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,55 + 0,25 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,69 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,05) (0,16) (0,12)
		11	GG	RA	467-40	266	2.611	20,6	0,608	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,52 - 1,59 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,05) (0,10)
		12	GE	RA	315-16	139	1.351	10,7	0,766	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,08 - 1,07 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,48 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,07) (0,26) (0,10)
		12	GE	RA	315-16	139	1.351	10,7	0,531	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,37 - 3,16 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,08) (0,29)
		12	GE	RA	315-16	139	1.351	10,7	0,751	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,25 - 1,70 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,05) (0,08)
		14	EE	RA	1.225-58	733	6.263	50,0	0,603	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,43 - 1,30 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,78 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,04) (0,10) (0,07)
		14	EE	RA	1.225-58	733	6.263	50,0	0,527	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,78 - 1,56 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,04) (0,07)
		15	Ens	RA	2.115-113	1.221	12.764	100,0	0,533	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,43 - 0,97 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,72 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,04) (0,10) (0,07)
15	Ens	RA	2.115-113	1.221	12.764	100,0	0,502	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,63 - 1,78 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,04) (0,07)		

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
47	Verre et poterie	6	GG	RO	274-13	647	2.065	16,0	0,525	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,79 - 0,49 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,58 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,19) (0,48) (0,18)
		6	GG	RO	274-13	647	2.065	16,0	0,523	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,75 - 1,66 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,18) (0,16)
		8	EG	RO	589-27	487	5.014	32,4	0,745	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,29 + 1,82 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 3,94 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,17) (0,41) (0,15)
		8	EG	RO	589-27	487	5.014	32,4	0,735	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,55 - 3,87 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,16) (0,15)
		9	EE	RO	1.052-65	4.557	6.228	63,7	0,610	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,71 - 4,90 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,98 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,14) (0,29) (0,14)
		9	EE	RO	1.052-65	4.557	6.228	63,7	0,502	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = - 0,23 - 5,83 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,31)
		10	Ens	RO	1.727-96	6.097	10.841	100,0	0,689	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,79 - 3,75 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,90 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,09) (0,15) (0,09)
		10	Ens	RO	1.727-96	6.097	10.841	100,0	0,590	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = - 0,06 - 4,85 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,03) (0,16)
		10	Ens	RO	1.727-96	6.097	10.841	100,0	0,541	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,22 - 2,70 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,10)
		14	EE	RA	633-36	794	5.628	82,7	0,775	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,00 - 3,91 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,39 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,04) (0,53) (0,08)
		14	EE	RA	633-36	794	5.628	82,7	0,752	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = - 0,04 - 2,38 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,04) (0,08)
		15	Ens	RA	791-47	1.173	6.507	100,0	0,561	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = - 0,19 + 1,08 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,81 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,05) (0,18) (0,10)
		15	Ens	RA	791-47	1.173	6.507	100,0	0,532	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = - 0,18 - 1,62 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,05) (0,09)
48	Cuirs		Pas de	modèle	acceptable					
49	Textiles	14	EE	RA	45-5	52	279	13,1	0,917	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,16 - 3,16 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,79 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,09) (0,34) (0,25)
		14	EE	RA	45-5	52	279	13,1	0,595	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = - 0,79 - 3,30 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,04) (0,68)
		14	EE	RA	45-5	52	279	13,1	0,718	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,16 - 2,87 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,15) (0,43)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
49 (suite)	Textiles	15	Ens	RA	381-26	967	1.561	100,0	0,551	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,22 - 2,27 \text{ Log } \frac{PF}{PR} + 0,28 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,08) (0,18) (0,18)
		15	Ens	RA	381-26	967	1.561	100,0	0,547	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -0,12 - 2,21 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,04) (0,17)
50	Habilleme nt	10	Ens	RO	31-6	48	101	100,0	0,680	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,68 - 2,85 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 0,34 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,50) (0,59) (0,45)
		10	Ens	RO	31-6	48	101	100,0	0,672	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,33 - 2,85 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,19) (0,58)
51	Articles en caoutchouc	10	Ens	RO	121-9	54	522	100,0	0,800	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 1,21 - 1,18 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 1,95 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,22) (0,11) (0,18)
		10	Ens	RO	121-9	54	522	100,0	0,535	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -1,08 - 1,08 \text{ Log } \frac{PF}{PR}$ (0,05) (0,16)
		10	Ens	RO	121-9	54	522	100,0	0,546	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 0,73 - 1,79 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,29) (0,25)
		13	EG	RA	227-7	252	1.084	32,4	0,681	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -1,09 - 3,63 \text{ Log } \frac{PF}{PR} + 3,00 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,10) (0,30) (0,29)
		14	EE	RA	371-12	142	2.766	70,7	0,786	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -2,13 - 1,45 \text{ Log } \frac{PF}{PR} + 1,93 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,03) (0,09) (0,08)
		14	EE	RA	371-12	142	2.766	70,7	0,599	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = -1,96 + 1,27 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,04) (0,09)
52	Papiers, cartons (y compris articles manufacturés)	6	GG	RO	3.491-75	1.518	30.310	8,0	0,619	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,80 - 1,40 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 3,55 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,10) (0,17) (0,10)
		6	GG	RO	3.491-75	1.518	30.310	8,0	0,609	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,78 - 3,99 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,10) (0,09)
		7	GE	RO	4.561-85	4.107	40.619	11,6	0,599	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,13 - 0,59 \text{ Log } \frac{PF}{PR} - 3,05 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,07) (0,13) (0,07)
		7	GE	RO	4.561-85	4.107	40.619	11,6	0,596	$\text{Log } \frac{TF}{TR} = 2,15 - 3,19 \text{ Log } \frac{DF}{DR}$ (0,07) (0,06)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
53	Meubles et articles d'ameublement neufs	7	GE	RO	44-7	127	78	28,6	0,777	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,36 - 3,57 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 1,06 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,32) (0,53) (0,27)
		7	GE	RO	44-7	127	78	28,6	0,675	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,85 - 3,64 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,10) (0,61)
54	Articles manufacturés en bois	9	EE	RO	1.882-102	10.605	11.540	71,0	0,524	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,01 + 1,77 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 0,34 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,08) (0,07) (0,08)
		9	EE	RO	1.882-102	10.605	11.540	71,0	0,517	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,35 + 1,71 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,02) (0,07)
55	Autres articles manufacturés	8	EG	RO	370-36	409	1.293	19,1	0,629	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 1,06 - 0,28 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 1,64 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,12) (0,17) (0,11)
		8	EG	RO	370-36	409	1.293	19,1	0,625	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,99 - 1,63 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,11)
		9	EE	RO	586-38	593	2.602	34,9	0,612	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,43 - 1,01 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,93 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,19) (0,15) (0,16)
		9	EE	RO	586-38	593	2.602	34,9	0,572	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 2,30 - 2,87 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,19) (0,17)
		11	GG	RA	131-7	41	607	32,4	0,869	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,14 - 0,84 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,63 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,09) (0,18) (0,14)
		11	GG	RA	131-7	41	607	32,4	0,843	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,01 - 2,70 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ 0,09) (0,15)
		14	EE	RA	161-14	228	1.084	65,5	0,808	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,07 - 0,78 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,03 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,08) (0,32) (0,12)
		14	EE	RA	161-14	228	1.084	65,5	0,800	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,08 - 2,04 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,08) (0,12)
		15	Ens	RA	302-23	289	1.712	100,0	0,787	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,11 - 0,69 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 2,27 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,07) (0,14) (0,10)
		15	Ens	RA	302-23	289	1.712	100,0	0,767	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,01 - 2,19 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,07) (0,11)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

Groupe de produits		Conditions terminales et régime du transport par fer			Nombre de relations ayant servi à l'ajustement	Tonnage concerné			Caractéristiques générales du modèle	
N°	Dénomination	N° de case du bloc de base	Conditions de desserte	Régime de vitesse		FER	ROUTE	% (1)	R	Coefficients et écarts types
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
56	Matériel usagé	6	GG	RO	191-34	508	1.710	26,8	0,527	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = 0,23 + 0,76 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 0,86 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,11) (0,19) (0,10)
		11	GG	RA	87-12	215	1.063	71,4	0,590	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,54 + 1,29 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} + 0,51 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,14) (0,30) (0,26)
		11	GG	RA	87-12	215	1.063	71,4	0,565	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -1,33 + 1,61 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}}$ (0,09) (0,25)
		14	EE	RA	31-10	176	272	25,1	0,551	$\text{Log } \frac{\text{TF}}{\text{TR}} = -0,09 - 0,64 \text{ Log } \frac{\text{PF}}{\text{PR}} - 0,36 \text{ Log } \frac{\text{DF}}{\text{DR}}$ (0,04) (0,39) (0,11)

(1) Part en % du tonnage fer + route pris en compte par le modèle, par rapport au tonnage total pris en compte dans les modèles correspondant au bloc de base 10 (Ensemble du trafic RO) ou 15 (Ensemble du trafic RA) selon le cas.

ANNEXE III. 5

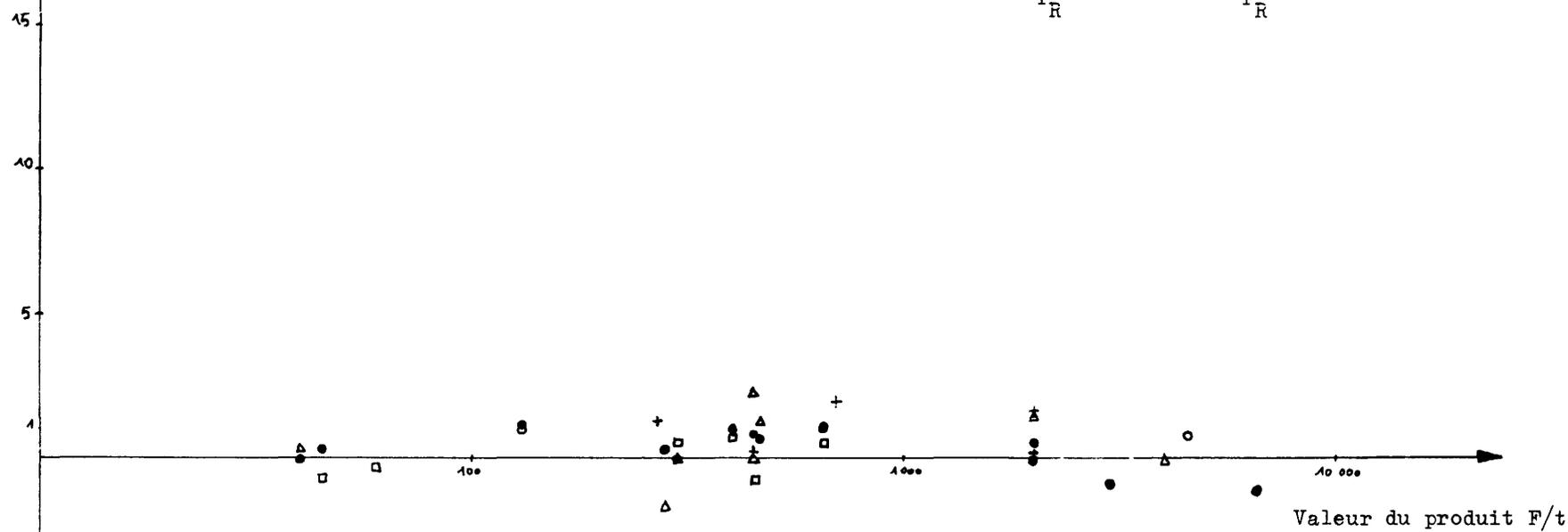
RECHERCHE DE LA VALEUR DES PARAMETRES
A INTRODUIRE DANS LES MODELES

GRAPHIQUE N° 1

Valeur du coefficient a

Modèle en coût (régime ordinaire)

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{Log} \frac{P_F}{P_R}$



Caractéristiques de desserte en trafic ferroviaire

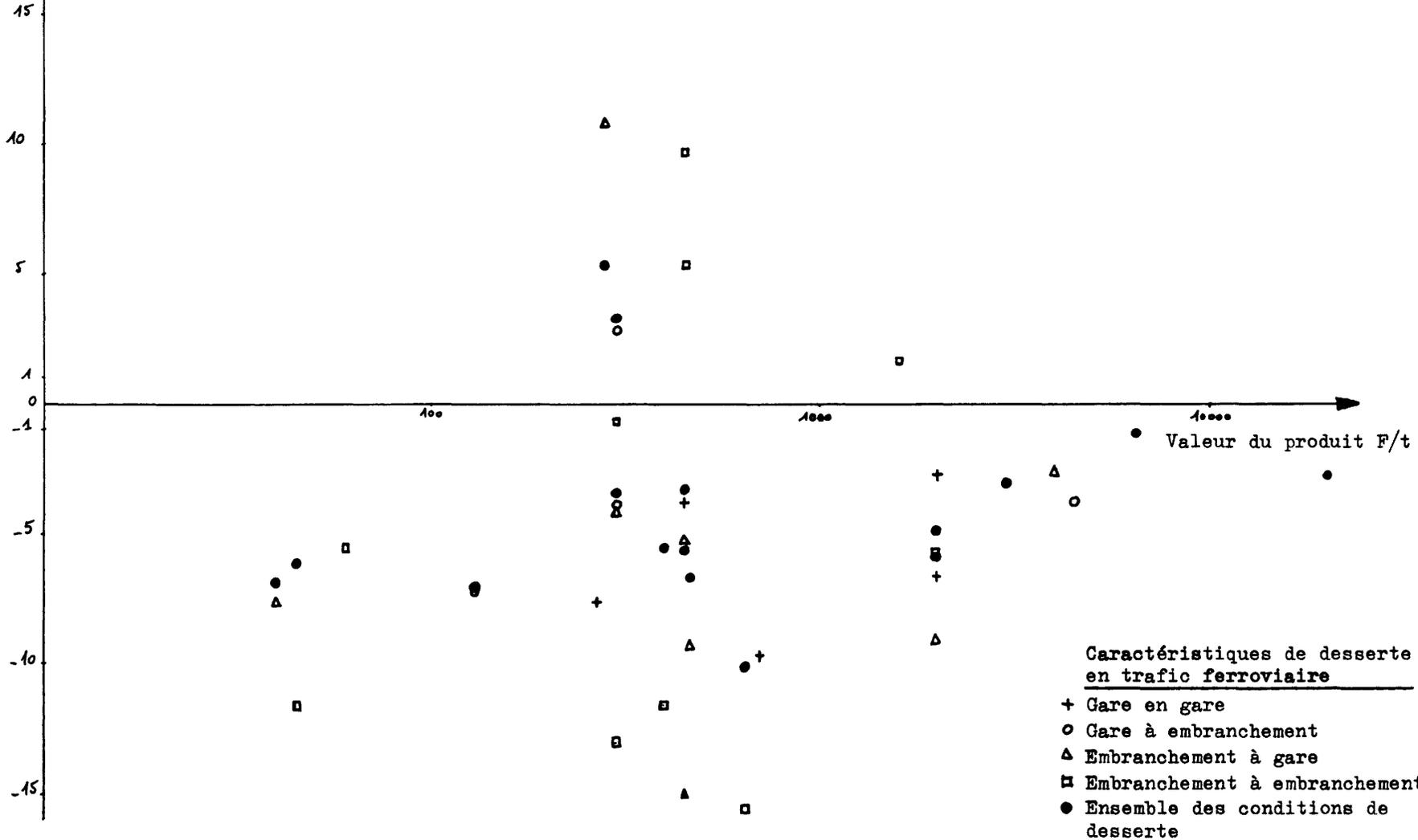
- + Gare à gare
- o Gare à embranchement
- Δ Embranchement à gare
- Embranchement à embranchement
- Ensemble des conditions de desserte

GRAPHIQUE N° 2

Valeur du coefficient b

Modèle en coût (régime ordinaire)

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{Log} \frac{P_F}{P_R}$ (R.O.)

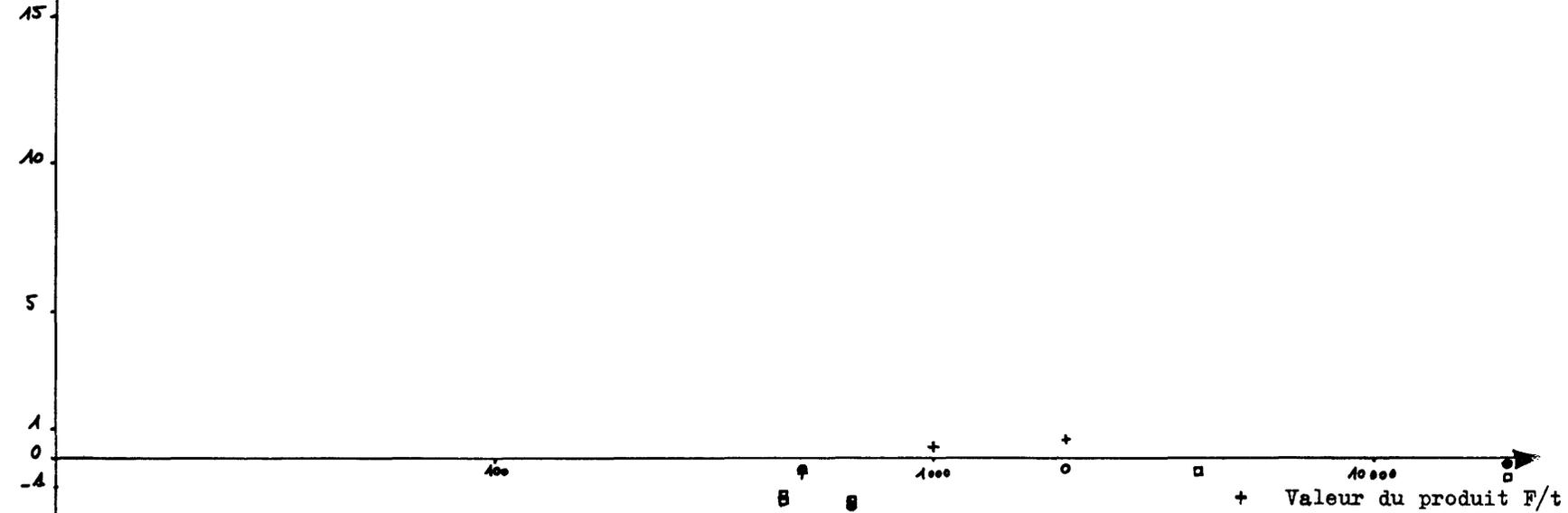


Valeur du
coeffi-
cient a

Modèle en coût
(régime accéléré)

GRAPHIQUE N° 3

Type de modèle : $\text{Log } \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{ Log } \frac{P_F}{P_R}$ (R.A.)



Caractéristiques de desserte en
trafic ferroviaire

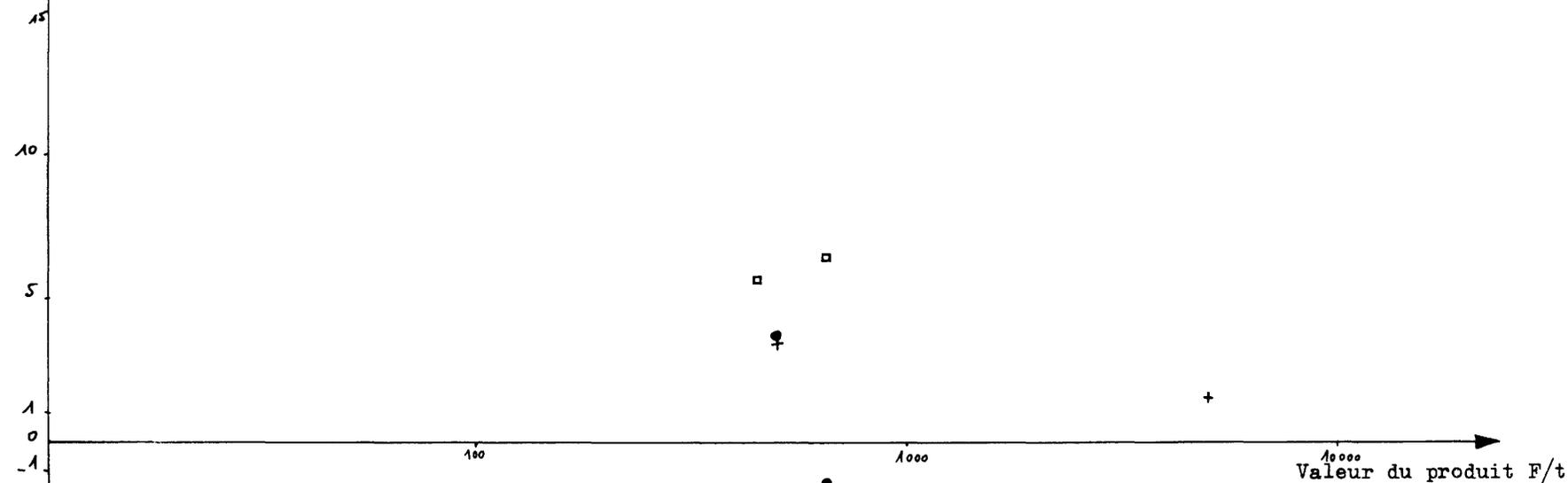
- + Gare à gare
- o Gare à embranchement
- Δ Embranchement à gare
- Embranchement à embranchement
- Ensemble des conditions de desserte

GRAPHIQUE N° 4

Valeur du coefficient b

Modèle en coût (régime accéléré)

Type de modèle : $\text{Log } \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{ Log } \frac{P_F}{P_R}$ (R.A.)



Caractéristiques de desserte en trafic ferroviaire

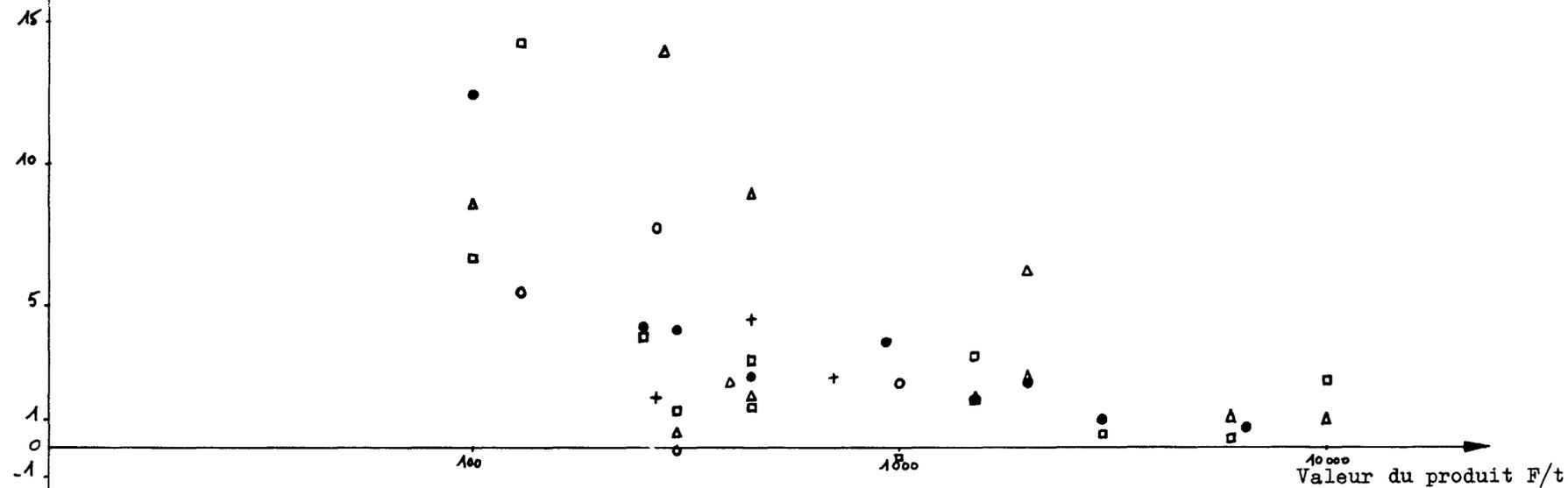
- + Gare à gare
- o Gare à embranchement
- Δ Embranchement à gare
- Embranchement à embranchement
- Ensemble des conditions de desserte

GRAPHIQUE N° 5

Valeur du coefficient a

Modèle en durée (régime ordinaire)

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R} \text{ (R.O.)}$



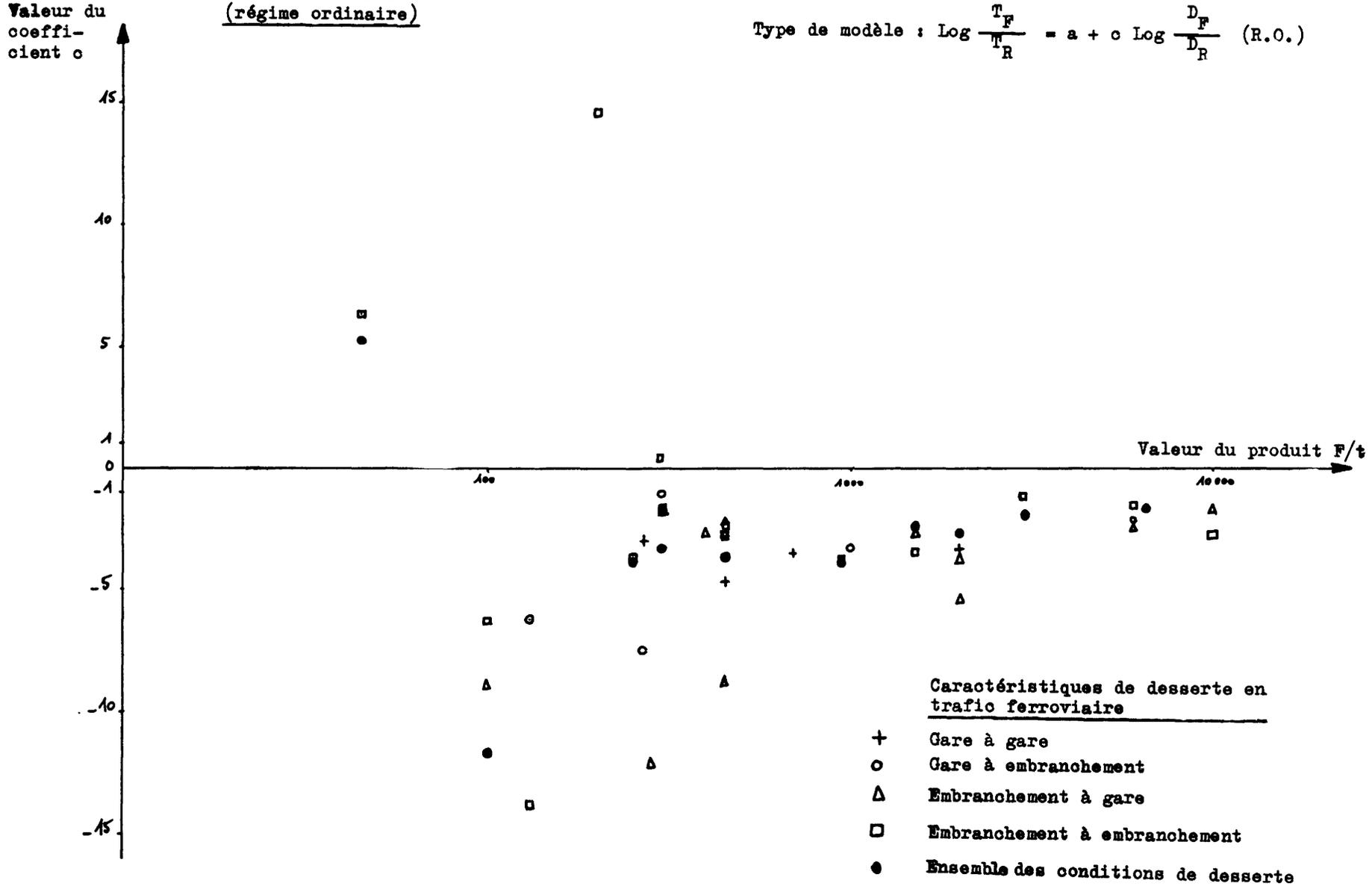
Caractéristiques de desserte en trafic ferroviaire

- + Gare à gare
- o Gare à embranchement
- Δ Embranchement à gare
- Embranchement à embranchement
- Ensemble des conditions de desserte

GRAPHIQUE N° 6

Modèle en durée
(régime ordinaire)

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R}$ (R.O.)

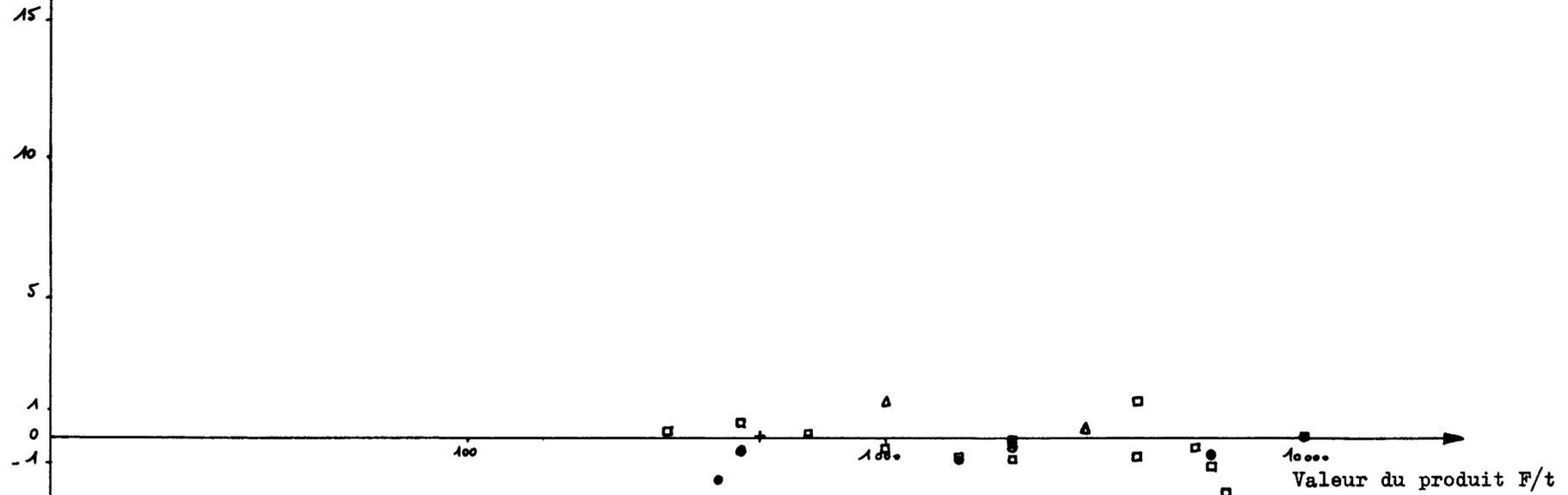


GRAPHIQUE N° 7

Valeur du coefficient a

Modèle en durée (régime accéléré)

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R}$ (R.A.)



Caractéristiques de desserte en trafic ferroviaire

- + Gare à gare
- o Gare à embranchement
- A Embranchement à gare
- Embranchement à embranchement
- Ensemble des conditions de desserte

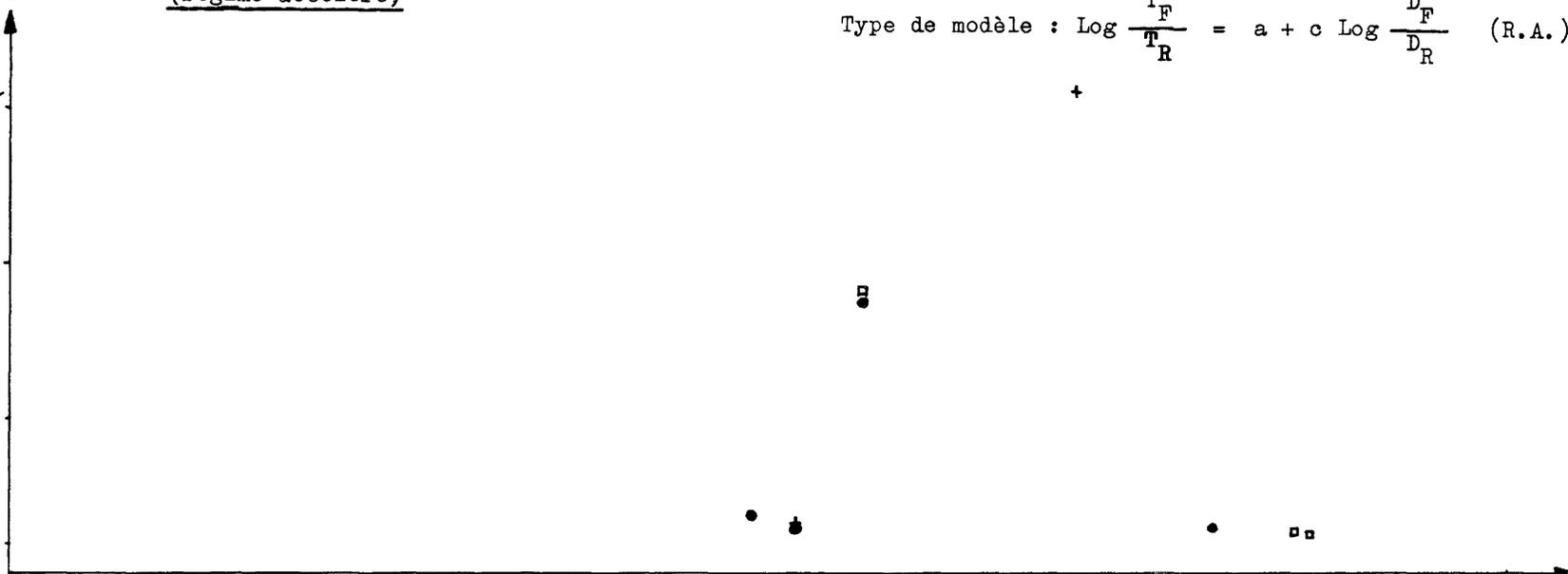
Modèle en durée
(régime accéléré)

GRAPHIQUE N° 8

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R}$ (R.A.)

Valeur du coefficient c

15
10
5
1
0
-1
-5
-10
-15



Valeur du produit F/t

Caractéristiques de desserte en
trafic ferroviaire

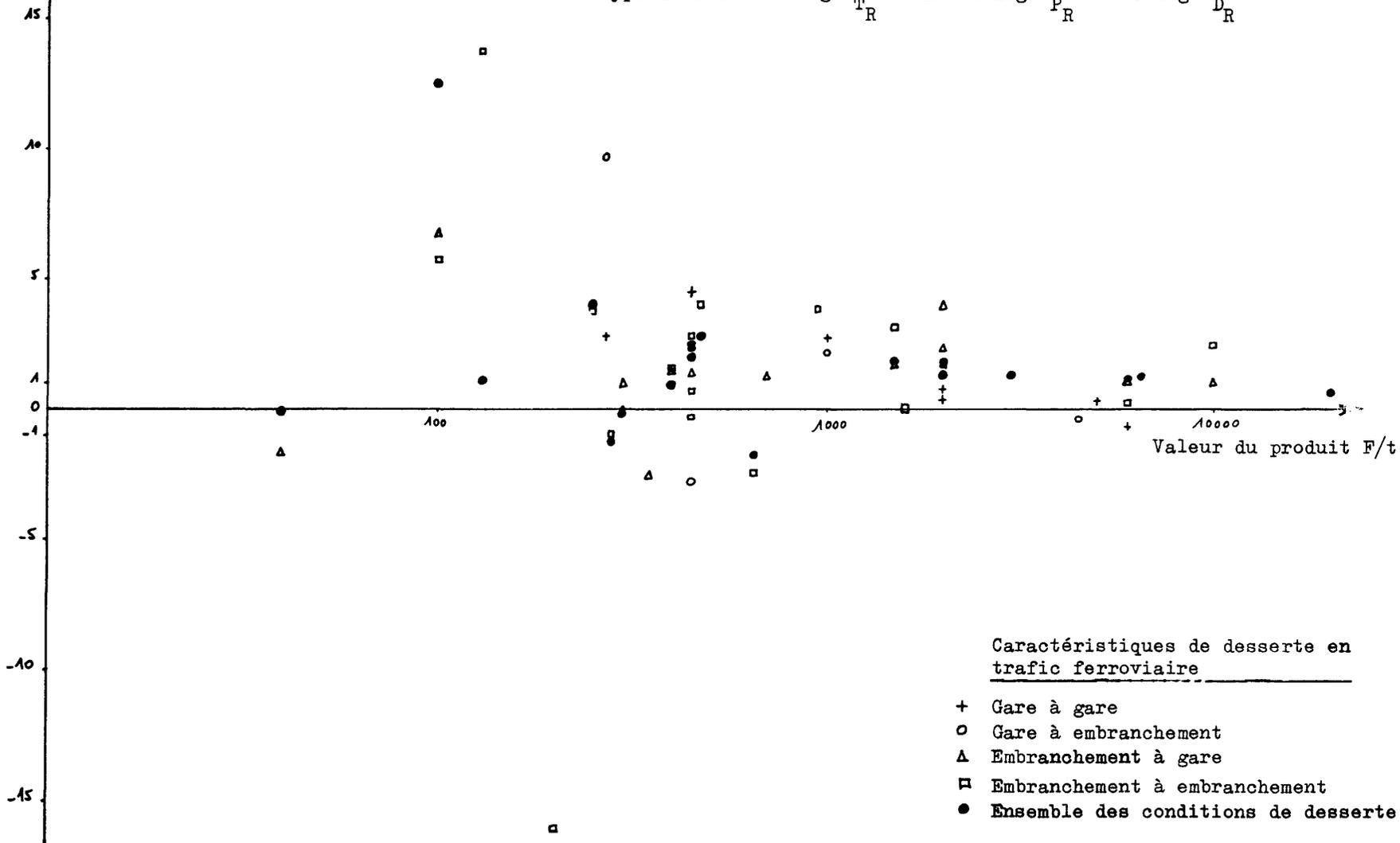
- + Gare à gare
- o Gare à embranchement
- Δ Embranchement à gare
- Embranchement à embranchement
- Ensemble des conditions de desserte

Valeur du
coeffi-
cient a

Modèle en coût et durée
(régime ordinaire)

GRAPHIQUE N° 9

$$\text{Type de modèle : } \log \frac{T_F}{T_R} = a + b \log \frac{P_F}{P_R} + c \log \frac{D_F}{D_R}$$

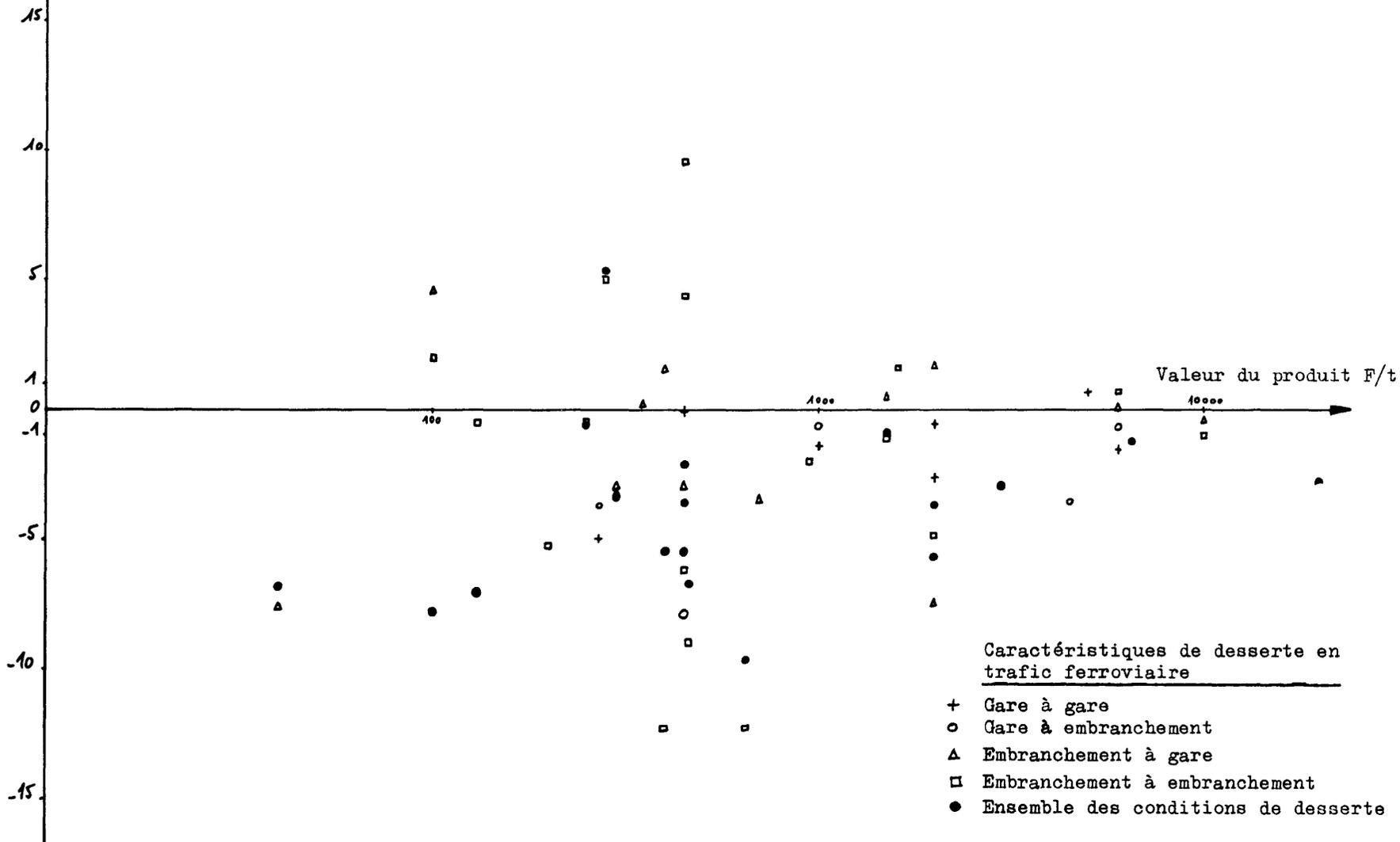


Valeur du coefficient b

Modèle en coût et durée
(régime ordinaire)

GRAPHIQUE N° 10

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{Log} \frac{P_F}{P_R} + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R}$

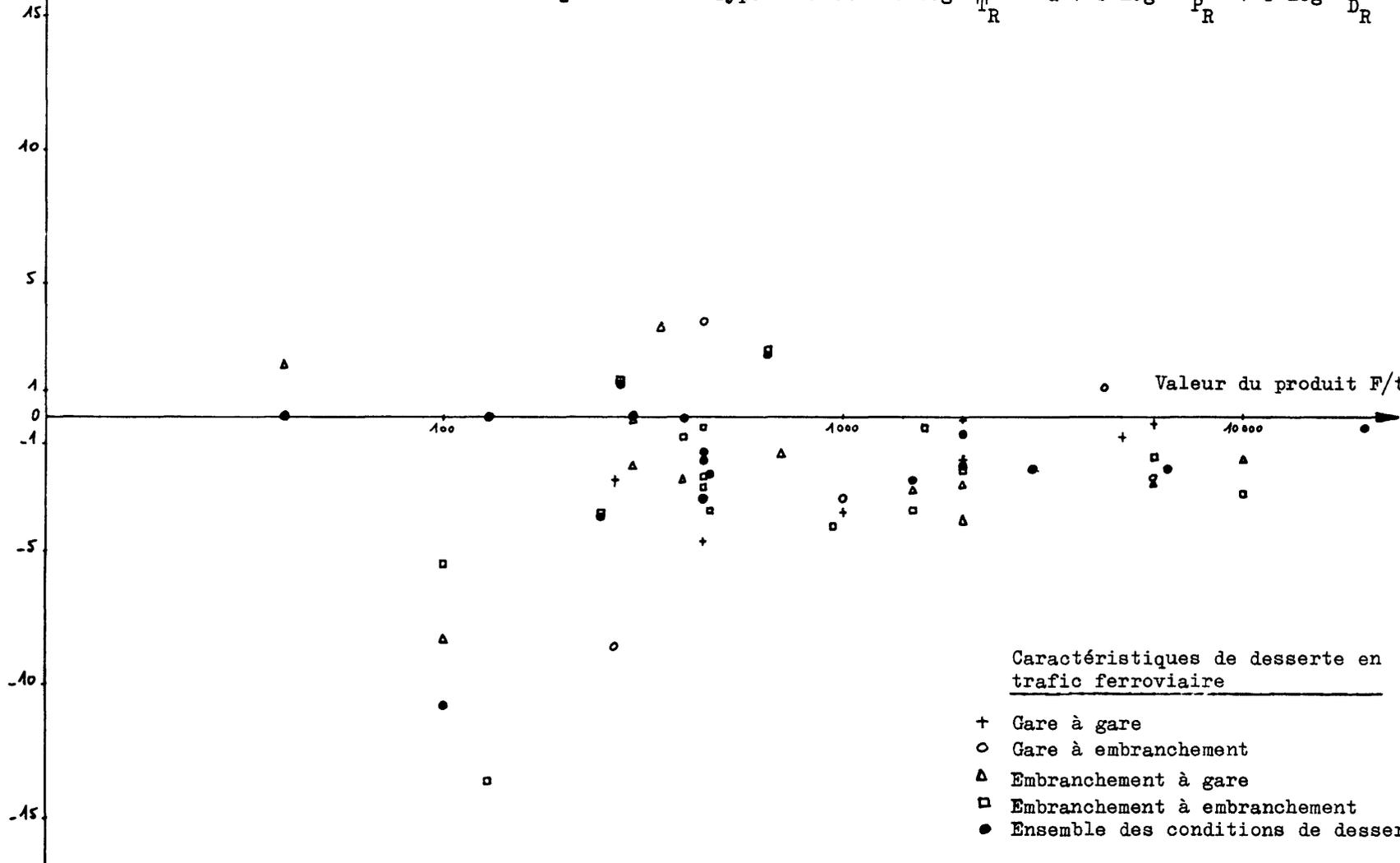


Valeur du coefficient c

Modèle en coût et durée
(régime ordinaire)

GRAPHIQUE N° 11

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{Log} \frac{P_F}{P_R} + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R}$

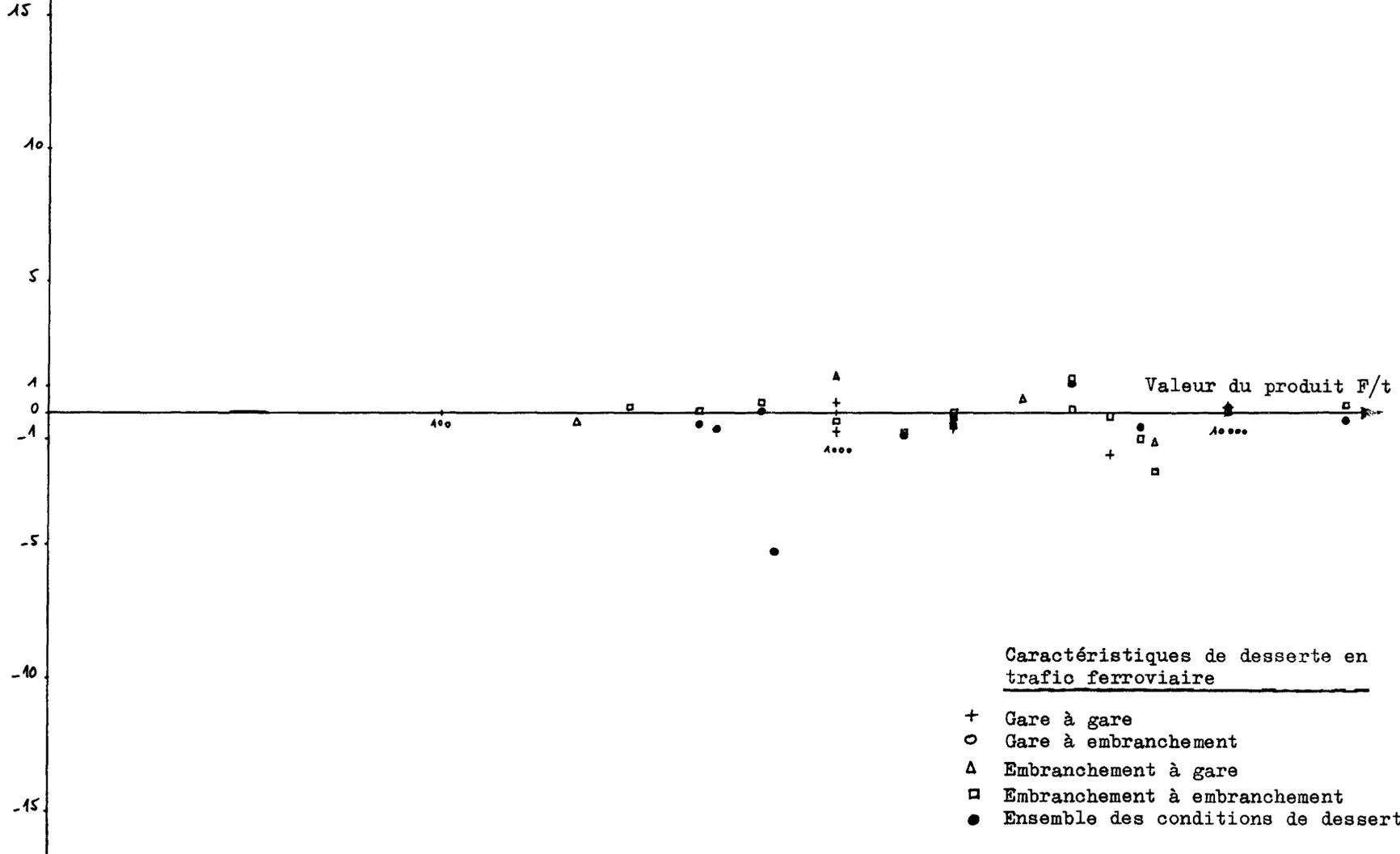


GRAPHIQUE N° 12

Valeur du coefficient a

Modèle en coût et durée
(régime accéléré)

Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{Log} \frac{P_F}{P_R} + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R}$

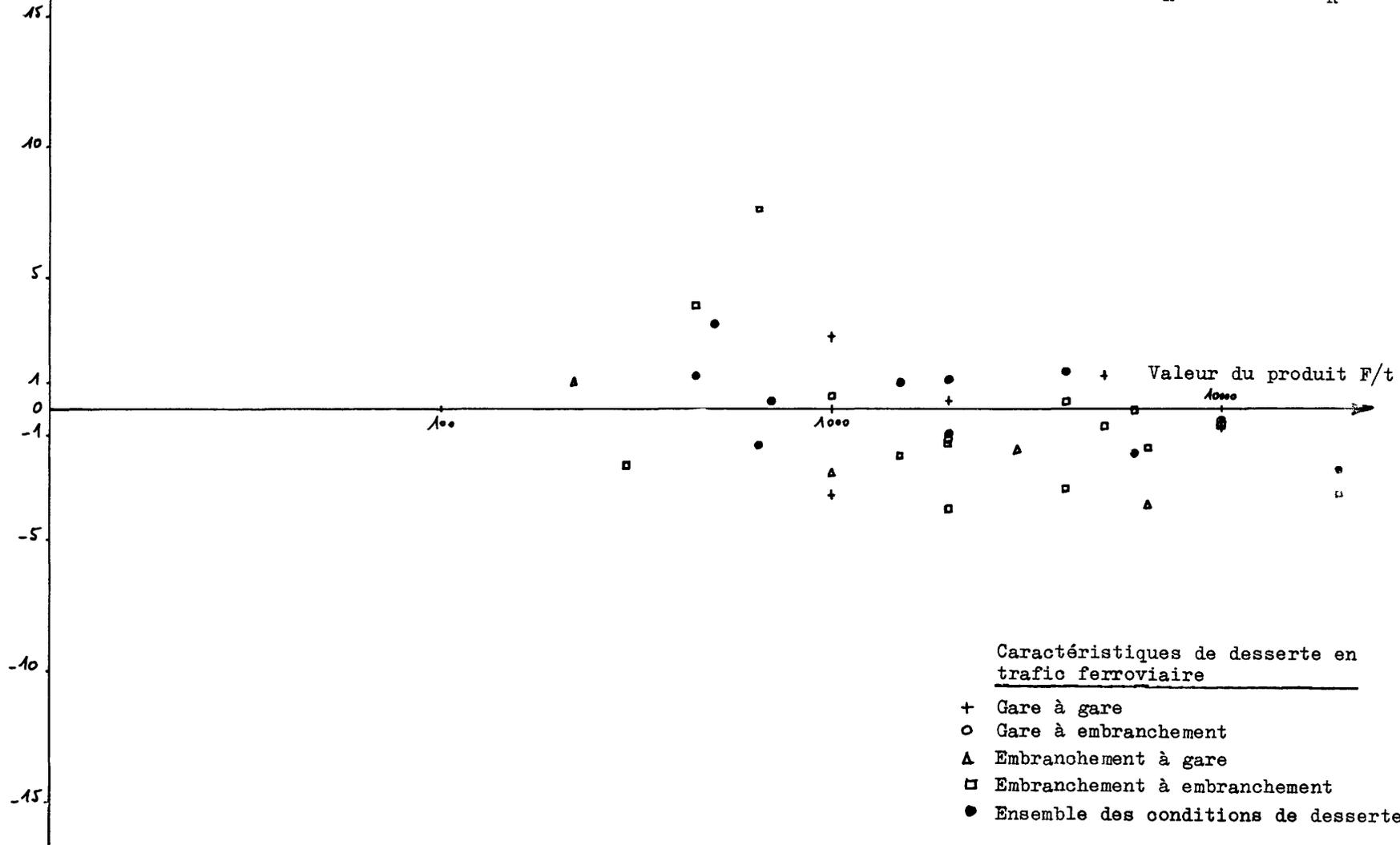


GRAPHIQUE N° 13

Valeur du coefficient b

Modèle en coût et durée
(régime accéléré)

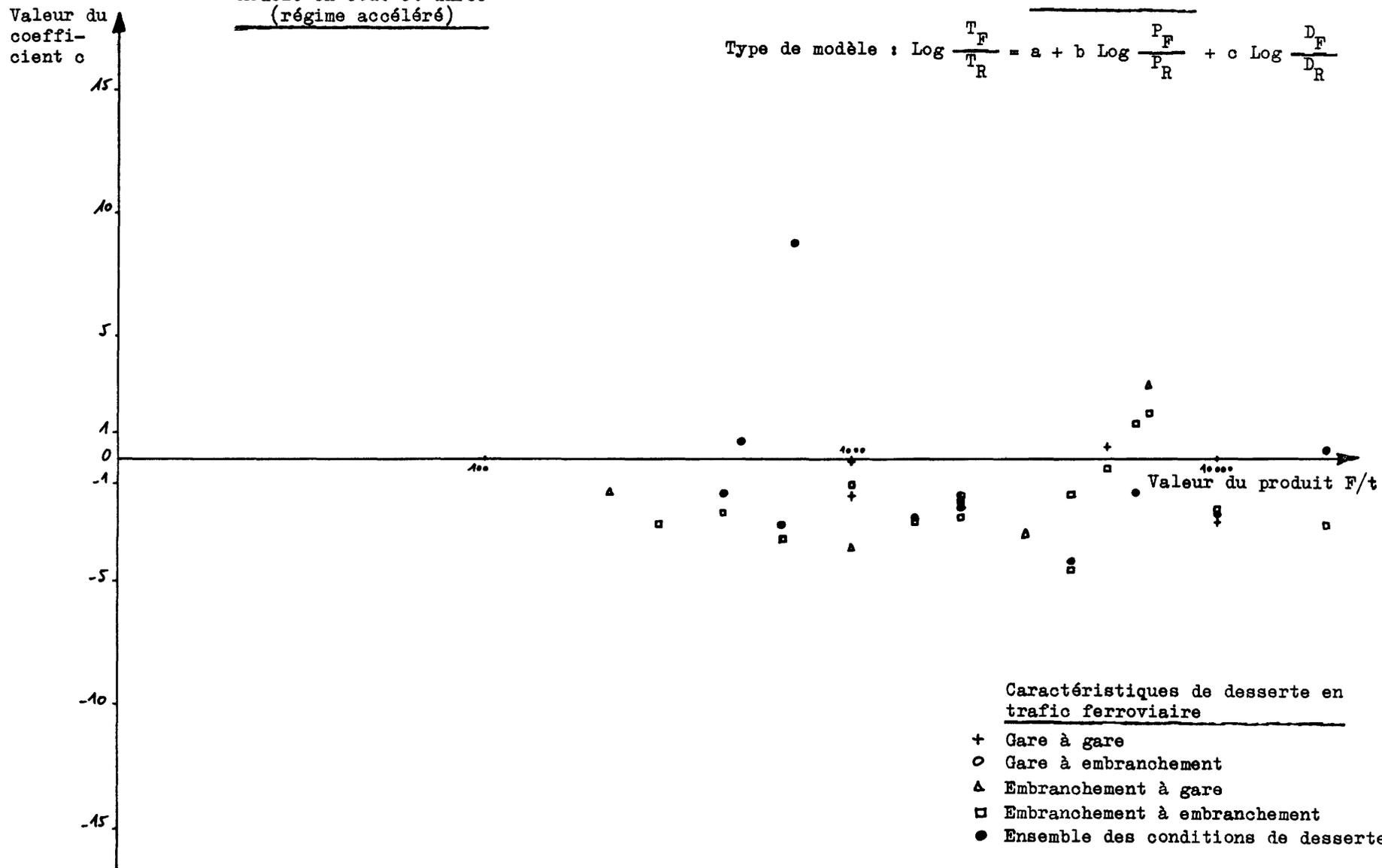
Type de modèle : $\text{Log} \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{Log} \frac{P_F}{P_R} + c \text{Log} \frac{D_F}{D_R}$



Modèle en coût et durée
(régime accéléré)

GRAPHIQUE N° 14

Type de modèle : $\text{Log } \frac{T_F}{T_R} = a + b \text{Log } \frac{P_F}{P_R} + c \text{Log } \frac{D_F}{D_R}$



ANNEXE IV. 1

Calcul du coût marginal d'usage moyen des infrastructures
ferroviaires

Notion de coût marginal moyen

Entre deux opérations de renouvellement successives, le coût marginal moyen est déterminé en égalant la somme des produits actualisés du coût marginal moyen par le nombre annuel d'unités de trafic, et la somme des produits actualisés du coût marginal de chaque année par le nombre d'unités de trafic correspondantes.

Délai entre deux opérations périodiques

Désignons par :

- Q le trafic total entre deux renouvellements successifs (en millions de t k b r);
- q le trafic annuel de base (en millions de t k b r);
- T le délai entre deux renouvellements successifs à trafic constant;
- T' le délai entre deux renouvellements successifs à trafic croissant;
- α le taux annuel de croissance du trafic;
- r le taux d'actualisation.

Dans le cas où le trafic annuel q est constant entre deux opérations de renouvellement successives, le trafic total entre ces opérations étant noté Q, le délai T (en années) entre les deux opérations de renouvellement est :

$$T = \frac{Q}{q} .$$

Si le trafic croît de $\alpha\%$ par an

$$Q = q [1 + (1 + \alpha) + \dots + (1 + \alpha)^{T' - 1}]$$

$$\frac{Q}{q} = \frac{(1 + \alpha)^{T'} - 1}{\alpha}$$

$$\text{d'où : } T' = \frac{\text{Log}(1 + \frac{Q}{q})}{\text{Log}(1 + \alpha)}$$

Calcul du coût marginal moyen à trafic croissant

Entre deux renouvellements successifs, la somme des produits actualisés du coût marginal de chaque année par le nombre d'unités de trafic correspondantes est égale à :

$$D \cdot \frac{j \cdot T' \cdot e^{-j T'}}{1 - e^{-j T'}} \quad \text{formule dans laquelle}$$

D = dépense relative à l'opération de renouvellement;

j = $\text{Log}(1 + r)$;

e = base des logarithmes népériens.

La somme des produits actualisés du coût marginal moyen par le nombre annuel d'unités de trafic s'obtient comme suit:

$$C_m \cdot q \cdot \frac{e^{j T'} - e^{k T'}}{e^{j T'} (j - k)} \quad \text{où}$$

C_m = coût marginal moyen;

k = $\text{Log}(1 + \alpha)$.

La définition du coût marginal moyen suppose que soit obtenue l'égalité suivante:

$$C_m \cdot q \cdot \frac{e^{j T'} - e^{k T'}}{e^{j T'} (j - k)} = D \cdot \frac{j \cdot T' \cdot e^{-j T'}}{1 - e^{-j T'}}$$

$$\text{d'où : } C_m = \frac{D}{q} \cdot \frac{j \cdot T'}{1 - e^{-j T'}} \cdot \frac{j - k}{e^{j T'} - e^{k T'}}$$

ANNEXE IV.2

CALCUL DU COUT MARGINAL DE CONGESTION
DES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES

Définition du domaine sur lequel est calculé le coût marginal de congestion

Pour déterminer l'effet de l'introduction d'un train supplémentaire de catégorie k sur un tronçon d'infrastructure, on définit un domaine dans le diagramme espace - temps tel que le train supplémentaire étudié demeure complètement dans ce domaine.

Dans le cas de la ligne Paris - Le Havre, on a défini pour chaque catégorie de trains une vitesse moyenne de marche et le domaine élémentaire d'étude est un parallélogramme. Celui-ci est défini par les quatre droites suivantes :

$$d = v_k (t - t_0)$$

$$d = v_k (t - t_i)$$

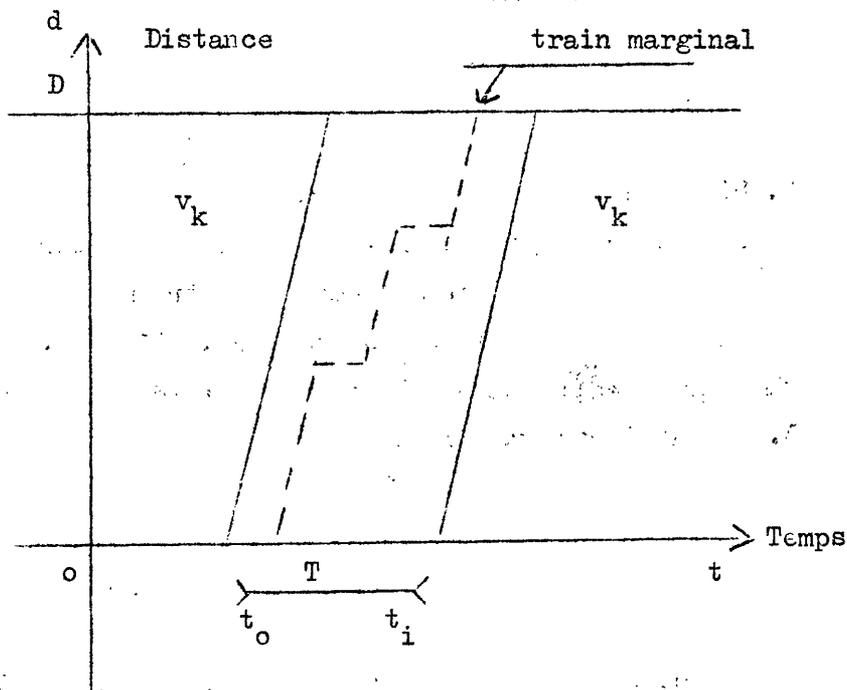
$$d = 0$$

$$d = D$$

t_0 = heure du début de la période de référence

t_i = heure de fin de la période

T = période élémentaire de référence



.../...

Définition des trafics

Dans le domaine défini ci-dessus, le débit horaire moyen des trains de catégorie k est égal à :

$$q_k = \frac{\sum_j d_j^k}{A}$$

- où : d_j^k distance parcourue par le train de la catégorie k
A aire du parallélogramme
j indice qui décrit l'ensemble des trains.

Remarques

1. Les débits ainsi définis sont additifs sur le domaine. Si on considère un ensemble de n domaines indicés par i, d'aire différente a_i , le débit moyen est, sur le domaine union des différents domaines,

$$q = \frac{\sum a_i q_i}{\sum a_i} .$$

La définition reste valable si l'aire A n'est pas un parallélogramme.

2. Si un train ne parcourt qu'une partie de la section, il intervient dans le décompte de trafic car il peut subir une gêne due au train marginal. Il en est de même si un train a une trajectoire qui n'appartient pas en totalité au domaine de l'étude.
3. Si la vitesse v_k est modifiée, le domaine élémentaire change et les débits moyens peuvent être modifiés.
4. Les débits ne sont pas en général des nombres entiers.

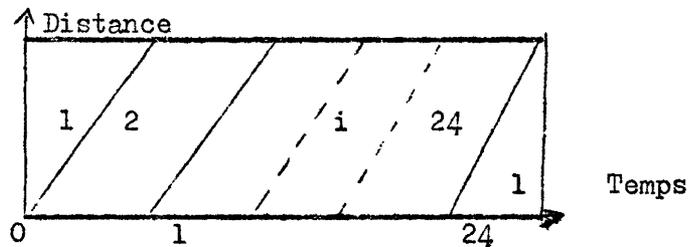
Cette définition permet ainsi de tenir compte de tous les trains qui subissent une gêne due à l'introduction du train marginal.

.../...

Le coût marginal de congestion a été calculé en tenant compte des décalages et des garages dont les coûts à la minute-train sont donnés dans le tableau de la page 270 et en suivant les règles particulières admises pour la circulation de chaque catégorie de trains.

Calcul du coût marginal de congestion pour une journée type et sur une section

- La journée est divisée en périodes ; dans le domaine représentant le produit distance - temps, on distingue des aires élémentaires qui sont différentes selon le type de train dont il s'agit de calculer le coût marginal de congestion ;



- dans chaque domaine, on calcule les débits et les coûts marginaux de congestion correspondants ;
- le coût marginal moyen de congestion pour une journée est la moyenne, pondérée par les trafics, des coûts marginaux de congestion unitaires

$$Cmc^k = \frac{\sum_i T_i^k \times Cmc_i^k}{\sum_i T_i^k}$$

- où :
- Cmc^k coût marginal moyen de congestion de la catégorie k ;
 - T_i^k trafic de la catégorie k pendant la période i ;
 - Cmc_i^k coût marginal de congestion de la catégorie k pendant la période i.

Pour le calcul du coût marginal moyen de congestion de la catégorie k pour la journée type, il est suffisant de connaître le trafic de cette catégorie.

Le coût marginal moyen de congestion calculé par section est ensuite rapporté au train-km.

Afin d'illustrer la demande de calcul suivie, on donne ci-après un exemple de calcul pour une période élémentaire.

Exemple de calcul du coût marginal de congestion

Section Sotteville-Le Havre (bifurcation d'Harfleur)

Train marginal : train de marchandises R.O.

	<u>Distance</u>	<u>Temps de parcours</u>
Sotteville-Rouen	6 km	13 minutes
Rouen-Motteville	30 km	70 minutes
Motteville-Le Havre	53 km	72 minutes
	<u>89 km</u>	<u>155 minutes</u>

: Domaine : élémen- : taire : (i)	: Détermination du débit (T_i) de : la catégorie R.O.										
	: Numéro : du : train	: Distance : de : parcours : dans le : domaine : km	: Débit : dans : le : domaine	: Congestion			: Garage			: Coût mar- : ginal de : congestion : $C_{mc_i}^k$: dans : le domaine : élémentaire : en francs	
				: Numéro : du : train	: Temps de : décalage : minutes	: Coût du : décalage : en francs	: Numéro : du : train	: Temps de : garage : minutes	: Coût du : garage : en francs		
: 1	: 6131	: 68	: 0,76	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 2	: 6131	: 21	: 0,24	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 3	: 6133 : 50113	: 68 : 66 : <u>134</u>	: : : 1,51	: -	: -	: -	: 6.133 R.O.	: 5	: 5,77	: 5,77	: 5,77
: 4	: 50113	: 21	: 0,24	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 5	: 6135 : 5125	: 89 : 52 : <u>141</u>	: : : 1,58	: -	: -	: -	: 5.125 R.O.	: 5	: 5,77	: 5,77	: 5,77

Domaine élémen- taire (i)	Détermination du débit (T_i) de la catégorie R.O.			Congestion						
	Numéro du train	Distance de parcours dans le domaine km	Débit dans le domaine	Décalage			Garage			Coût mar- ginal de congestion Cm_k^i dans le domaine élémentaire en francs
				Numéro du train	Temps de décalage minutes	Coût du décalage en francs	Numéro du train	Temps de garage minutes	Coût du garage en francs	
6	30061 5121	16 <u>36</u> 52	0,58	30061 R.O.	14	3,81	-	-	-	3,81
7	5117 5125	7 <u>16</u> 23	0,26	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	30065	4	0,05	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+ 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	6141 5131	89 <u>7</u> 96	1,08	6141 R.O.	21	5,71	-	-	-	5,71
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

: Domaine : élémen- : taire : (i)	: Détermination du débit (T_i) de : la catégorie R.O.			: Congestion							: Coût mar- : ginal de : congestion : Cmc_i^k dans : le domaine : élémentaire : en francs
	: Numéro : du : train	: Distance : de : parcours : dans le : domaine : km	: Débit : dans : le : domaine	: Décalage			: Garage				
				: Numéro : du : train	: Temps de : décalage : minutes	: Coût du : décalage : en francs	: Numéro : du : train	: Temps de : garage : minutes	: Coût du : garage : en francs		
: 16	: 6145	: 78	: 0,88	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 17	: 6145 : 6115	: 11 : 89 : 100	: : 1,12	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 18	: 2e 6115 : 6095	: 89 : 5 : 94	: : 1,06	: 6115 R.O. : 6095 R.O.	: 43 : 68 : 111	: : 30,19	: -	: -	: -	: -	: 30,19
:+ 19	: 6095	: 11	: 0,12	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 20	: 6147	: 89	: 1	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
:+ 21	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 22	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 23	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
: 24	: 5135	: 21	: 0,24	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
			: 10,60								

Nota : Dans les domaines repérés par +, aucun train marginal R.O. n'a pu être introduit car il aurait fallu pour cela décaler ou garer des trains d'une catégorie supérieure (voyageurs R.E. ou marchandises R.A.).

Coût marginal moyen de congestion sur la journée (Cmc^k)

$$\begin{array}{rcl} T_i^k \times Cmc_i^k & : & \\ 1,51 \times 5,77 & = & 8,71 \\ 1,58 \times 5,77 & = & 9,12 \\ 0,58 \times 3,81 & = & 2,21 \\ 1,08 \times 5,71 & = & 6,17 \\ 1,06 \times 30,19 & = & 32,00 \\ & & \hline \Sigma & = & 58,21 \end{array}$$

$$\sum_i T_i^k : 10,60$$

$$Cmc^k : \frac{58,21}{10,60} = 5,4915 \text{ francs}$$

Coût marginal moyen de congestion rapporté au train-km

$$\frac{5,4915}{89} = 0,0617 \text{ francs .}$$

ANNEXE IV. 3

MONTANTS ANNUELS DES COUTS MARGINAUX D'USAGE ET
DES COUTS MARGINAUX SOCIAUX DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (y compris coût marginal de renouvellement)

Département de l'EURE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Véhicules légers				Poids lourds C.U. < 5 tonnes			
		Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel	Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel
1	22,077	0,0023	0,0508	2.675.450	135.913	0,0046	0,1016	86.140	8.748
3	17,850		0,0411	1.875.735	77.093		0,0821	62.415	5.125
4	13,624		0,0313	1.875.735	58.711		0,0627	62.415	3.912
5	13,474		0,0313	1.875.735	58.148		0,0620	62.415	3.868
6	10,104		0,0232	481.070	11.161		0,0465	16.060	746
7	14,052		0,0323	286.730	9.261		0,0646	16.060	1.038
8	12,183		0,0280	292.730	8.196		0,0560	21.535	1.207
9	6,212		0,0143	292.730	4.186		0,0286	21.535	615
14	5,178		0,0119	1.052.660	12.527		0,0238	58.035	1.382
15	61,309		0,1410	253.675	35.768		0,2820	10.220	2.882
16	14,441		0,0322	369.015	12.251		0,0664	28.470	1.891
17	13,044		0,0300	1.052.660	31.580		0,0600	58.035	3.482
18	4,246		0,0098	1.052.660	10.316		0,0195	58.035	1.133
19	36,206		0,0833	990.610	82.517		0,1665	35.405	5.896
20	8,690		0,0200	1.154.495	23.090		0,0400	55.115	2.203
21	43,354		0,0998	1.863.690	185.996		0,1994	56.210	11.209
22	19,769		0,0455	677.075	30.807		0,0909	22.630	2.058
23	11,655		0,0268	182.500	4.891		0,0536	9.855	528
24	24,400		0,0561	698.245	39.172		0,1122	37.230	4.179
25	3,600		0,0083	1.205.960	10.009		0,0166	35.770	592
26	17,400		0,0400	1.059.595	42.384		0,0800	28.835	2.308
27	3,200		0,0074	1.073.830	7.946		0,0147	47.450	698
28	5,200	0,0023	0,0120	527.060	6.327	0,0046	0,0239	17.520	419

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (y compris coût marginal de renouvellement)

Département de l'EURE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds 10 tonnes < C.U.			
		Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel	Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel
1	22,077	0,0248	0,5475	83.585	45.763	0,0841	1,8567	169.725	315.123
3	17,850		0,4427	81.030	35.876		1,5012	173.010	259.719
4	13,624		0,3379	81.030	27.378		1,1458	173.010	198.230
5	13,474		0,3342	81.030	27.076		1,1332	173.010	196.048
6	10,104		0,2506	17.155	4.299		0,8497	41.245	35.048
7	14,052		0,3485	9.855	3.434		1,1818	18.980	22.430
8	12,183		0,3021	9.855	2.978		1,0246	27.010	27.674
9	6,212		0,1541	9.855	1.518		0,5224	27.010	14.111
14	5,178		0,1284	30.295	3.890		0,4355	69.715	30.358
15	61,309		1,5205	9.125	13.874		5,1561	18.615	95.980
16	14,441		0,3581	12.775	4.575		1,2145	24.820	30.143
17	13,044		0,3235	30.295	9.800		1,0970	69.715	76.477
18	4,246		0,1053	30.295	3.190		0,3571	69.715	24.894
19	36,206		0,8979	93.075	83.572		0,0449	216.080	657.946
20	8,690		0,2155	31.025	6.686		0,7308	69.350	50.682
21	43,354		1,0752	91.615	98.502		3,6461	243.090	886.324
22	19,769		0,4903	37.230	18.253		1,6626	77.380	128.650
23	11,655		0,2890	5.840	1.688		0,9802	12.775	12.522
24	24,400		0,6051	30.295	18.332		2,0520	65.700	134.819
25	3,600		0,0893	63.510	5.670		0,3028	144.905	43.871
26	17,400		0,4315	58.035	25.043		1,4633	134.685	197.090
27	3,200		0,0794	53.655	4.258		0,2691	123.005	33.103
28	5,200	0,0248	0,1290	15.530	2.003	0,0841	0,4373	29.930	13.088

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (y compris coût marginal de renouvellement)

Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Véhicules légers				Poids lourds C.U. < 5 tonnes			
		Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel	Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel
1	45,800	0,0023	0,1053	647.145	68.170	0,0046	0,2107	42.705	8.997
2	51,600	↓	0,1186	3.528.820	418.800	↓	0,2374	118.625	28.151
3	38,600	↓	0,0888	1.766.600	156.839	↓	0,1776	71.905	12.767
4	12,800	↓	0,0294	1.396.490	41.113	↓	0,0589	135.780	7.995
5	5,000	↓	0,0115	1.958.225	22.520	↓	0,0230	88.695	2.040
6	20,400	0,0023	0,0469	554.435	26.014	0,0046	0,0938	25.185	2.363
Département de la SEINE-MARITIME									
1	61,099	0,0023	0,1405	1.946.910	273.580	0,0046	0,2811	78.840	22.158
2	26,340	↓	0,0606	1.603.080	97.115	↓	0,1212	65.335	7.916
3	24,197	↓	0,0557	731.095	40.685	↓	0,1113	32.120	3.575
4	9,883	↓	0,0227	619.770	14.087	↓	0,0455	31.025	1.410
5	11,446	↓	0,0263	518.300	13.642	↓	0,0527	27.375	1.441
6	15,430	↓	0,0355	347.115	12.316	↓	0,0710	19.345	1.373
7	19,207	↓	0,0442	300.030	13.252	↓	0,0884	16.060	1.414
8	33,250	↓	0,0765	1.083.685	82.869	↓	0,1529	50.370	7.704
9	15,870	↓	0,0365	1.567.310	57.201	↓	0,0730	57.670	4.210
10	12,380	↓	0,0285	2.668.515	75.973	↓	0,0569	89.060	5.071
11	17,530	↓	0,0403	1.505.625	60.692	↓	0,0806	75.190	6.063
12	18,054	↓	0,0415	979.295	40.660	↓	0,0830	39.055	3.243
13	9,497	0,0023	0,0218	516.110	11.272	0,0046	0,0437	32.850	1.435

Système des coûts marginaux sociaux - Route

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (y compris coût marginal de renouvellement)

Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds 10 tonnes < C.U.			
		Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel	Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel
1	45,800	0,0248	1,1358	28.835	32.752	0,0841	3,8518	48.910	188.391
2	51,600	↓	1,2797	147.825	189.169	↓	4,3396	320.105	1.389.114
3	38,600	↓	0,9573	104.390	99.931	↓	3,2463	232.870	755.957
4	12,800	↓	0,3174	66.795	21.203	↓	1,0765	141.255	152.058
5	5,000	↓	0,1240	25.185	3.123	↓	0,4205	313.535	131.842
6	20.400	0,0248	0,5059	16.425	8.310	0,0841	1,7156	33.945	58.237
Département de la SEINE-MARITIME									
1	61,099	0,0248	1,5153	102.930	155.965	0,0841	5,1384	241.995	1.243.472
2	26,340	↓	0,6532	93.805	61.276	↓	2,2152	208.415	461.679
3	24,197	↓	0,6001	54.750	32.854	↓	2,0350	156.585	318.644
4	9,883	↓	0,2451	26.280	6.441	↓	0,8312	75.190	62.494
5	11,446	↓	0,2839	10.220	2.901	↓	0,9626	43.435	41.811
6	15,430	↓	0,3827	25.185	9.637	↓	1,2977	60.225	78.152
7	19,207	↓	0,4763	14.965	7.128	↓	1,6153	30.295	48.936
8	33,250	↓	0,8246	42.340	34.914	↓	2,7963	109.500	306.197
9	15,870	↓	0,3936	92.345	36.344	↓	1,3347	228.855	305.444
10	12,380	↓	0,3070	113.150	34.739	↓	1,0412	367.555	382.680
11	17,530	↓	0,4347	36.135	15.709	↓	1,4743	76.285	112.465
12	18,054	↓	0,4477	36.500	16.342	↓	1,5183	94.170	142.982
13	9,497	0,0248	0,2355	15.330	3.611	0,0841	0,7987	34.675	27.695

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (non compris le coût marginal de renouvellement)

Département de l'EURE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds 10 tonnes < C.U.			
		Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel	Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel
1	22,077	0,0099	0,2186	83.585	18.268	0,0193	0,4261	169.725	72.316
3	17,850		0,1767	81.030	14.318		0,3445	173.010	59.602
4	13,624		0,1349	81.030	10.929		0,2629	173.010	45.491
5	13,474		0,1334	81.030	10.809		0,2600	173.010	44.990
6	10,104		0,1000	17.155	1.716		0,1950	41.245	8.043
7	14,052		0,1391	9.855	1.371		0,2712	18.980	5.147
8	12,183		0,1206	9.855	1.189		0,2351	27.010	6.351
9	6,212		0,0615	9.855	606		0,1199	27.010	3.238
14	5,178		0,0513	30.295	1.553		0,0999	69.715	6.967
15	61,309		0,6070	9.125	5.538		1,1833	18.615	22.026
16	14,441		0,1420	12.775	1.826		0,2787	24.820	6.918
17	13,044		0,1291	30.295	3.912		0,2517	69.715	17.550
18	4,246		0,0420	30.295	1.273		0,0819	69.715	5.713
19	36,206		0,3584	93.075	33.361		0,6988	216.080	150.990
20	8,690		0,0860	31.025	2.669		0,1677	69.350	11.631
21	43,354		0,4292	91.615	39.321		0,8367	243.090	203.401
22	19,769		0,1957	37.230	7.286		0,3815	77.380	29.524
23	11,655		0,1154	5.840	674		0,2249	12.775	2.874
24	24,400		0,2416	30.295	7.318		0,4709	65.700	30.939
25	3,600		0,0356	63.510	2.264		0,0695	144.905	10.068
26	17,400		0,1723	58.035	9.997		0,3358	134.685	45.229
27	3,200		0,0317	53.655	1.700		0,0618	123.005	7.597
28	5,200	0,0099	0,0515	15.530	800	0,0193	0,1004	29.930	3.004

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (non compris le coût marginal de renouvellement)

Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds 10 tonnes < C.U.			
		Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel	Coût marginal d'usage v-km	Coût marginal d'usage par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal d'usage annuel
1	45,800	0,0099	0,4534	28.835	13.074	0,0193	0,8839	48.910	43.234
2	51,600	↓	0,5108	147.825	75.514	↓	0,8959	320.105	318.786
3	38,600		0,3821	104.390	39.892		0,7450	232.870	173.484
4	12,800		0,1267	66.795	8.464		0,2470	141.255	34.896
5	5,000	↓	0,0495	25.185	1.247	↓	0,0965	313.535	30.256
6	20,400	0,0099	0,2020	16.425	3.317	0,0193	0,3937	33.945	13.365
Département de la SEINE-MARITIME									
1	61,099	0,0099	0,6049	102.930	62.260	0,0193	1,1792	241.995	285.363
2	26,340	↓	0,2608	93.805	24.461	↓	0,5084	208.415	105.949
3	24,197		0,2396	54.750	13.115		0,4670	156.585	73.125
4	9,883		0,0978	26.280	2.571		0,1907	75.190	14.341
5	11,446		0,1133	10.220	1.158		0,2209	43.435	9.595
6	15,430		0,1528	25.185	3.847		0,2978	60.225	17.934
7	19,207		0,1901	14.965	2.846		0,3707	30.295	11.230
8	33,250		0,3292	42.340	13.937		0,6417	109.500	70.268
9	15,870		0,1571	92.345	14.508		0,3063	228.855	70.096
10	12,380		0,1226	113.150	13.868		0,2389	367.555	87.820
11	17,530		0,1735	36.135	6.271		0,3383	76.285	25.809
12	18,054	↓	0,1787	36.500	6.523	↓	0,3484	94.170	32.813
13	9,497	0,0099	0,0940	15.330	1.441	0,0193	0,1833	34.675	6.356

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (non compris le coût marginal de renouvellement)

Récapitulation - Département de l'EURE

(en francs)

Numéro de la section	Coût marginal d'usage annuel				Total
	Véhicules légers	Poids lourds C.U. < 5 tonnes	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes	Poids lourds C.U. > 10 tonnes	
1	135.918	8.748	18.268	72.316	235.245
3	77.093	5.125	14.318	59.602	156.138
4	58.711	3.912	10.929	45.491	119.043
5	58.148	3.868	10.809	44.990	117.815
6	11.161	746	1.716	8.043	21.668
7	9.261	1.038	1.371	5.147	16.817
8	8.196	1.207	1.189	6.351	16.943
9	4.186	615	606	3.238	8.645
14	12.527	1.382	1.553	6.967	22.429
15	35.768	2.882	5.538	22.026	66.214
16	12.251	1.891	1.826	6.918	22.886
17	31.580	3.482	3.912	17.550	56.524
18	10.316	1.133	1.273	5.713	18.435
19	82.517	5.896	3.361	150.990	272.764
20	23.090	2.203	2.669	12.631	39.593
21	185.996	11.209	39.321	203.401	439.927
22	30.807	2.058	7.286	29.524	69.675
23	4.891	528	674	2.874	8.967
24	39.172	4.179	7.318	30.939	81.608
25	10.009	592	2.264	10.068	22.933
26	42.384	2.308	9.997	45.229	99.918
27	7.946	698	1.700	7.597	17.941
28	6.325	419	800	3.004	10.548

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux d'usage par catégories de véhicules et par sections (non compris le coût marginal de renouvellement)

Récapitulation - Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Coût marginal d'usage annuel			Total	
	Véhicules légers	Poids lourds C.U. < 5 tonnes	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes		Poids lourds C.U. > 10 tonnes
1	68.170	8.997	13.074	43.234	133.475
2	418.800	28.151	75.514	318.786	841.251
3	156.839	12.767	39.892	173.484	382.982
4	41.113	7.995	8.464	34.896	92.468
5	22.520	2.040	1.247	30.256	56.063
6	26.014	2.363	3.317	13.365	45.059
Département de la SEINE-MARITIME					
1	273.580	22.158	62.260	285.363	643.361
2	97.115	7.916	24.461	105.949	235.441
3	40.685	3.575	13.115	73.125	130.500
4	14.087	1.410	2.571	14.341	32.409
5	13.642	1.441	1.158	9.595	25.836
6	12.316	1.373	3.847	17.934	35.470
7	13.252	1.414	2.846	11.230	28.742
8	82.869	7.704	13.937	70.268	174.778
9	57.201	4.210	14.508	70.096	146.015
10	75.973	5.071	13.868	87.820	182.732
11	60.692	6.063	6.271	25.809	98.835
12	40.660	3.243	6.523	32.813	83.239
13	11.272	1.435	1.441	6.356	20.504

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Montants annuels des coûts marginaux sociaux partiels, par sections
Département de l'EURE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Véhicules légers				Poids lourds C.U. ≤ 5 tonnes			
		Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel	Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel
1	22,077	0,0056	0,1236	2.675.450	330.686	0,0096	0,2119	86.140	18.253
3	17,850	0,0081	0,1446	1.875.735	271.231	0,0156	0,2785	62.415	17.383
4	13,624	0,0081	0,1104	1.875.735	207.081	0,0156	0,2125	62.415	13.263
5	13,474	0,0081	0,1091	1.875.735	204.643	0,0156	0,2102	62.415	13.120
6	10,104	0,0035	0,0354	481.070	17.030	0,0069	0,0697	16.060	1.119
7	14,052	0,0030	0,0422	286.730	12.100	0,0058	0,0815	16.060	1.309
8	12,183	0,0030	0,0365	292.730	10.685	0,0060	0,0731	21.535	1.574
9	6,212	0,0030	0,0186	292.730	5.445	0,0060	0,0373	21.535	803
14	5,178	0,0049	0,0254	1.052.660	26.738	0,0094	0,0487	58.035	2.826
15	61,309	0,0032	0,1962	253.675	49.771	0,0072	0,4414	10.220	4.511
16	14,441	0,0032	0,0462	369.015	17.048	0,0062	0,0895	28.470	2.548
17	13,044	0,0049	0,0639	1.052.660	67.265	0,0094	0,1226	58.035	7.115
18	4,246	0,0049	0,0208	1.052.660	21.895	0,0094	0,0399	58.035	2.316
19	36,206	0,0064	0,2317	990.610	229.524	0,0133	0,4815	35.405	17.048
20	8,690	0,0051	0,0443	1.154.495	51.144	0,0098	0,0852	55.115	4.696
21	43,354	0,0089	0,3859	1.863.690	719.198	0,0176	0,7630	56.210	42.888
22	19,769	0,0042	0,0830	677.075	56.197	0,0084	0,1661	22.630	3.759
23	11,655	0,0029	0,0338	182.500	6.169	0,0064	0,0746	9.855	735
24	24,400	0,0042	0,1025	698.245	71.570	0,0082	0,2001	37.230	7.450
25	3,600	0,0061	0,1220	1.205.960	26.531	0,0120	0,0432	35.770	1.545
26	17,400	0,0056	0,0974	1.059.595	103.205	0,0112	0,1949	28.835	5.620
27	3,200	0,0056	0,0179	1.073.830	19.222	0,0110	0,0352	47.450	1.670
28	5,200	0,0035	0,0182	527.060	9.592	0,0067	0,0348	17.520	610

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Montants annuels des coûts marginaux sociaux partiels, par sections
Département de l'EURE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds C.U. > 10 tonnes			
		Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel	Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel
1	22,077	0,0323	0,7131	83.585	59.604	0,0974	2,1503	169.725	364.960
3	17,850	0,0408	0,7283	81.030	59.014	0,1128	2,0135	173.010	348.356
4	13,624	0,0408	0,5559	81.030	45.045	0,1128	1,5368	173.010	265.882
5	13,474	0,0408	0,5497	81.030	44.542	0,1128	1,5199	173.010	262.958
6	10,104	0,0281	0,2839	17.155	4.870	0,0900	0,9094	41.245	37.508
7	14,052	0,0266	0,3738	9.855	3.684	0,0873	1,2267	18.980	23.283
8	12,183	0,0268	0,3265	9.855	3.218	0,0877	1,0684	27.010	28.857
9	6,212	0,0268	0,1665	9.855	1.641	0,0877	0,5448	27.010	14.715
14	5,178	0,0320	0,1657	30.295	5.020	0,0969	0,5017	69.715	34.976
15	61,309	0,0285	1,7473	9.125	15.944	0,0907	5,5607	18.615	103.512
16	14,441	0,0272	0,3928	12.775	5.018	0,0883	1,2751	24.820	31.648
17	13,044	0,0320	0,4174	30.295	12.645	0,0969	1,2640	69.715	88.120
18	4,246	0,0320	0,1359	30.295	4.117	0,0969	0,4114	69.715	28.681
19	36,206	0,0365	1,3215	93.075	122.999	0,1053	3,8125	216.080	823.805
20	8,690	0,0326	0,2833	31.025	8.789	0,0979	0,8508	69.350	59.003
21	43,354	0,0432	1,8729	91.615	171.586	0,1173	5,0854	243.090	1.236.210
22	19,769	0,0302	0,5970	37.230	22.226	0,0938	1,8543	77.380	143.486
23	11,655	0,0274	0,3193	5.840	1.865	0,0887	1,0338	12.775	13.207
24	24,400	0,0300	0,7320	30.295	22.176	0,0933	2,2765	65.700	149.566
25	3,600	0,0353	0,1271	63.510	8.072	0,1030	0,3708	144.905	53.731
26	17,400	0,0341	0,5933	58.035	34.432	0,1008	1,7539	134.685	236.224
27	3,200	0,0338	0,1082	53.655	5.805	0,1003	0,3210	123.005	39.485
28	5,200	0,0280	0,1456	15.530	2.261	0,0898	0,4670	29.930	13.977

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Montants annuels des coûts marginaux sociaux partiels, par sections
Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Véhicules légers				Poids lourds C.U. < 5 tonnes			
		Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel	Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel
1	45,800	0,0039	0,1786	647.145	115.580	0,0076	0,3481	42.705	14.866
2	51,600	0,0098	0,5057	3.528.320	1.784.524	0,0178	0,9185	118.625	108.957
3	38,600	0,0047	0,1814	1.766.600	320.461	0,0089	0,3435	71.905	24.699
4	12,800	0,0067	0,0858	1.396.490	119.819	0,0129	0,1651	135.780	22.417
5	5,000	0,0097	0,0485	1.958.225	94.974	0,0196	0,0980	88.695	8.692
6	20,400	0,0036	0,0734	554.435	40.695	0,0069	0,1408	25.185	3.546

Département de la SEINE-MARITIME

1	61,099	0,0050	0,3055	1.946.910	534.721	0,0093	0,5682	78.840	44.797
2	26,340	0,0044	0,1159	1.603.080	185.737	0,0084	0,2213	65.335	14.459
3	24,197	0,0051	0,1234	731.095	90.217	0,0106	0,2565	32.120	8.239
4	9,883	0,0041	0,0405	619.770	25.191	0,0081	0,0801	31.025	2.485
5	11,446	0,0036	0,0412	518.300	21.354	0,0070	0,0801	27.375	2.191
6	15,430	0,0034	0,0525	347.115	18.224	0,0070	0,1080	19.345	2.089
7	19,207	0,0031	0,0595	300.030	17.852	0,0061	0,1172	16.060	1.882
8	33,250	0,0054	0,1796	1.083.685	194.630	0,0106	0,3525	50.370	17.755
9	15,870	0,0055	0,0873	1.567.310	136.826	0,0107	0,1698	57.670	9.792
10	12,380	0,0084	0,1040	2.668.515	277.526	0,0160	0,1981	89.060	17.643
11	17,530	0,0025	0,0438	1.505.625	65.946	0,0050	0,0877	75.190	6.594
12	18,054	0,0038	0,0686	979.295	67.180	0,0073	0,1318	39.055	5.147
13	9,497	0,0035	0,0332	516.110	17.135	0,0068	0,0646	32.850	2.122

Système des coûts marginaux sociaux - ROUTE

Montants annuels des coûts marginaux sociaux partiels, par sections
Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section km	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds C.U. > 10 tonnes			
		Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel	Coût marginal social partiel v-km	Coût marginal social partiel par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social partiel annuel
1	45,800	0,0293	1,3419	28.835	38.694	0,0920	4,2136	48.910	206.087
2	51,600	0,0438	2,2601	147.825	334.099	0,1181	6,0940	320.105	1.950.720
3	38,600	0,0309	1,1927	104.390	124.506	0,0950	3,6670	232.870	853.934
4	12,800	0,0368	0,4710	66.795	31.460	0,1055	1,3504	141.255	190.751
5	5,000	0,0457	0,2285	25.185	5.755	0,1221	0,6105	313.535	191.413
6	20,400	0,0283	0,5773	16.425	9.482	0,0903	1,8421	33.945	62.530
Département de la SEINE-MARITIME									
1	61,099	0,0314	1,9185	102.930	197.471	0,0960	5,8655	241.995	1.419.422
2	26,340	0,0306	0,8060	93.805	75.607	0,0937	2,4681	208.415	514.389
3	24,197	0,0328	0,7937	54.750	43.455	0,0987	2,3882	156.585	373.956
4	9,883	0,0298	0,2945	26.280	7.739	0,0930	0,9191	75.190	69.107
5	11,446	0,0283	0,3239	10.220	3.310	0,0904	1,0347	43.435	44.942
6	15,430	0,0280	0,4320	25.185	10.880	0,0899	1,3872	60.225	83.544
7	19,207	0,0270	0,5186	14.965	7.761	0,0880	1,6902	30.295	51.205
8	33,250	0,0334	1,1106	42.340	47.023	0,0995	3,3084	109.500	362.270
9	15,870	0,0332	0,5269	92.345	48.657	0,0993	1,5759	228.855	360.653
10	12,380	0,0405	0,5014	113.150	56.733	0,1126	1,3940	367.555	512.372
11	17,530	0,0253	0,4435	36.135	16.026	0,0851	1,4918	76.285	113.802
12	18,054	0,0287	0,5181	36.500	18.911	0,0911	1,6447	94.170	154.881
13	9,497	0,0281	0,2669	15.330	4.092	0,0900	0,8547	34.675	29.637

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux sociaux complets
Département de l'EUME

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section	Véhicules légers				Poids lourds C.U. < 5 tonnes			
		Coût marginal social v-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel	Coût marginal social v-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel
1	22,077	0,0081	0,1788	2.675.450	478.370	0,0345	0,7639	86.140	65.802
3	17,850	0,0091	0,1624	1.875.735	304.619	0,0586	1,0460	62.415	65.286
4	13,624	0,0091	0,1240	1.875.735	232.591	0,0586	0,7984	62.415	49.832
5	13,474	0,0091	0,1226	1.875.735	229.965	0,0586	0,7896	62.415	49.283
6	10,104	0,0134	0,1354	481.070	65.137	0,0669	0,6760	16.060	10.857
7	14,052	0,0129	0,1813	286.730	51.984	0,0658	0,9246	16.060	14.849
8	12,183	0,0040	0,0487	292.730	14.257	0,0490	0,5970	21.535	12.856
9	6,212	0,0040	0,0248	292.730	7.260	0,0490	0,3044	21.535	6.555
14	5,178	0,0059	0,0306	1.052.660	32.211	0,0524	0,2713	58.035	15.745
15	61,309	0,0131	0,8031	253.675	203.726	0,0672	4,1200	10.220	42.106
16	14,441	0,0131	0,1892	369.015	69.818	0,0662	0,9560	28.470	27.217
17	13,044	0,0148	0,1931	1.052.660	203.269	0,0694	0,9053	58.035	52.539
18	4,246	0,0059	0,0251	1.052.660	26.422	0,0524	0,2225	58.035	12.913
19	36,206	0,0074	0,2679	990.610	265.384	0,0563	2,0384	35.405	72.170
20	8,690	0,0150	0,1304	1.154.495	150.546	0,0698	0,6066	55.115	33.433
21	43,354	0,0099	0,4292	1.863.690	799.896	0,0606	2,6273	56.210	147.681
22	19,769	0,0141	0,2787	677.075	188.701	0,0684	1,3522	22.630	30.600
23	11,655	0,0128	0,1492	182.500	27.229	0,0664	0,7739	9.855	7.627
24	24,400	0,0052	0,1269	698.245	88.607	0,0512	1,2493	37.230	46.511
25	3,600	0,0160	0,0576	1.205.960	69.463	0,0720	0,2592	35.770	9.272
26	17,400	0,0155	0,2697	1.059.595	285.773	0,0712	1,2389	28.835	35.724
27	3,200	0,0066	0,0211	1.073.830	22.653	0,0540	0,1728	47.450	8.199
28	5,200	0,0045	0,0234	527.060	123.332	0,0497	0,2584	17.520	4.527

Système des coûts marginaux sociaux - Route

Montants annuels des coûts marginaux sociaux complets

Département de l'EURE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds C.U. > 10 tonnes			
		Coût marginal social v-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel	Coût marginal social v-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel
1	22,077	0,0573	1,2650	83.585	105.735	0,1224	2,7022	169.725	458.631
3	17,850	0,0838	1,4958	81.030	121.205	0,1558	2,7810	173.010	481.141
4	13,624	0,0838	1,1417	81.030	92.512	0,1558	2,1226	173.010	367.231
5	13,474	0,0838	1,1291	81.030	91.491	0,1558	2,0992	173.010	363.183
6	10,104	0,0881	0,8902	17.155	15.271	0,1500	1,5156	41.245	62.511
7	14,052	0,0866	1,2169	9.855	11.993	0,1473	2,0699	18.980	39.287
8	12,183	0,0698	0,8504	9.855	8.381	0,1307	1,5923	27.010	43.008
9	6,212	0,0698	0,4336	9.855	4.273	0,1307	0,8119	27.010	21.929
14	5,178	0,0750	0,3884	30.295	11.767	0,1399	0,7244	69.715	50.502
15	61,309	0,0885	5,4258	9.125	49.510	0,1507	9,2393	18.615	171.990
16	14,441	0,0872	1,2593	12.775	16.088	0,1483	2,1416	24.820	53.155
17	13,044	0,0920	1,2000	30.295	36.354	0,1569	2,0466	69.715	142.679
18	4,246	0,0750	0,3185	30.295	9.649	0,1399	0,5940	69.715	41.411
19	36,206	0,0795	2,8784	93.075	267.907	0,1483	5,3693	216.080	1.160.198
20	8,690	0,0926	0,8047	31.025	24.966	0,1579	1,3722	69.350	95.162
21	43,354	0,0862	3,7371	91.615	342.374	0,1603	6,9496	243.090	1.689.378
22	19,769	0,0902	1,7832	37.230	66.389	0,1538	3,0405	77.380	235.274
23	11,655	0,0874	1,0186	5.840	5.949	0,1487	1,7331	12.775	22.140
24	24,400	0,0730	1,7812	30.295	53.961	0,1363	3,3257	65.700	218.498
25	3,600	0,0953	0,3431	63.510	21.790	0,1630	0,5868	144.905	85.030
26	17,400	0,0941	1,6373	58.035	95.021	0,1608	2,7979	134.685	376.835
27	3,200	0,0768	0,2458	53.655	13.188	0,1433	0,4586	123.005	56.410
28	5,200	0,0710	0,3692	15.530	5.734	0,1328	0,6906	29.930	20.670

Système des coûts marginaux sociaux - Route

Montants annuels des coûts marginaux sociaux complets

Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section	Véhicules légers				Poids lourds C.U. < 5 tonnes			
		Coût marginal social v-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel	Coût marginal social v-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel
1	45,800	0,0049	0,2244	647.145	145.219	0,0506	2,3175	42.705	98.969
2	51,600	0,0101	0,5212	3.528.820	1.839.221	0,0538	2,7761	118.625	329.315
3	38,600	0,0072	0,2779	1.766.600	490.938	0,0339	1,3085	71.905	94.088
4	12,800	0,0077	0,0986	1.396.490	137.694	0,0559	0,7155	135.780	97.151
5	5,000	0,0107	0,0535	1.958.225	104.765	0,0626	0,3130	88.695	27.762
6	20,400	0,0135	0,2754	554.435	152.691	0,0669	1,3648	25.185	34.372
Département de la SEINE-MARITIME									
1	61,099	0,0075	0,4582	1.946.910	892.074	0,0343	2,0957	78.840	165.225
2	26,340	0,0069	0,1817	1.603.080	291.280	0,0334	0,8798	65.335	57.482
3	24,197	0,0150	0,3630	731.095	265.618	0,0706	1,7083	32.120	54.871
4	9,883	0,0051	0,0504	619.770	31.236	0,0511	0,5050	31.025	15.658
5	11,446	0,0046	0,0527	518.300	27.314	0,0500	0,5723	27.375	15.667
6	15,430	0,0133	0,2052	347.115	71.228	0,0670	1,0338	19.345	19.999
7	19,207	0,0130	0,2497	300.030	74.917	0,0661	1,2696	16.060	20.390
8	33,250	0,0064	0,2128	1.083.685	230.608	0,0536	1,7822	50.370	89.769
9	15,870	0,0058	0,0920	1.567.310	144.193	0,0467	0,7411	57.670	42.739
10	12,380	0,0087	0,1077	2.668.515	287.399	0,0520	0,6438	89.060	57.337
11	17,530	0,0025	0,0438	1.505.625	65.946	0,0050	0,0877	75.190	6.594
12	18,054	0,0041	0,0740	979.295	72.468	0,0433	0,7817	39.055	30.529
13	9,497	0,0134	0,1273	516.110	65.701	0,0668	0,6344	32.850	20.840

Système des coûts marginaux sociaux - R o u t e

Montants annuels des coûts marginaux sociaux complets

Département de la SEINE-ET-OISE

(en francs)

Numéro de la section	Longueur de la section	Poids lourds 5 tonnes < C.U. < 10 tonnes				Poids lourds C.U. > 10 tonnes			
		Coût marginal social v.-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel	Coût marginal social v.-km	Coût marginal social par véhicule sur la section	Trafic annuel sur la section	Coût marginal social annuel
1	45,800	0,0723	3,3113	28.835	95.481	0,1350	6,1830	48.910	302.411
2	51,600	0,0798	4,1176	147.825	608.684	0,1541	7,9516	320.105	2.545.347
3	38,600	0,0559	2,1577	104.390	225.242	0,1200	4,6320	232.870	1.078.654
4	12,800	0,0798	1,0214	66.795	68.224	0,1485	1,9008	141.255	268.498
5	5,000	0,0887	0,4435	25.185	11.170	0,1651	0,8255	313.535	258.823
6	20,400	0,0883	1,8013	16.425	29.586	0,1503	3,0661	33.945	104.079
Département de la SEINE-MARTIME									
1	61,099	0,0564	3,4460	102.930	354.697	0,1210	7,3930	241.995	1.789.069
2	26,340	0,0556	1,4645	93.805	137.377	0,1187	3,1266	208.415	651.630
3	24,197	0,0928	2,2455	54.750	122.941	0,1587	3,8401	156.585	601.302
4	9,883	0,0728	0,7195	26.280	18.908	0,1360	1,3441	75.190	101.063
5	11,446	0,0713	0,8161	10.220	8.341	0,1334	1,5269	43.435	66.321
6	15,430	0,0880	1,3578	25.185	34.196	0,1499	2,3130	60.225	139.300
7	19,207	0,0870	1,6710	14.965	25.007	0,1480	2,8426	30.295	86.117
8	33,250	0,0764	2,5403	42.340	107.556	0,1425	4,7381	109.500	518.822
9	15,870	0,0692	1,0982	92.345	101.413	0,1353	2,1472	228.855	491.397
10	12,380	0,0765	0,9471	113.150	107.164	0,1486	1,8397	367.555	676.190
11	17,530	0,0253	0,4435	36.135	16.026	0,0851	1,4918	76.285	113.802
12	18,854	0,0647	1,1681	36.500	42.636	0,1271	2,2947	94.170	216.092
13	9,497	0,0881	0,8367	15.330	12.827	0,1500	1,4246	34.675	49.398

ANNEXE IV. 4

METHODE D'EVALUATION DES LIAISONS VITESSES - DEBITS -
SUR LES INFRASTRUCTURES ROUTIERES - DONNEES NUMERIQUES

Les liaisons vitesses-débits constituent l'intermédiaire qui permet d'évaluer les pertes de temps, l'augmentation des coûts de consommation, etc.... à partir de données globales sur les trafics.

1. Considérations théoriques

Les vitesses de circulation des véhicules sont principalement influencées par le volume et la composition du trafic d'une part, la largeur de la voie d'autre part. D'autres phénomènes tels que le tracé, la pente, les conditions atmosphériques affectent notablement les vitesses.

La détermination des fonctions liant les vitesses des divers types de véhicules au trafic est possible à partir de mesures expérimentales du trafic.

On admet en première approximation que les liaisons entre les vitesses et les trafics sont linéaires. Cette approximation se justifie a posteriori lorsque le débit n'est pas trop fort.

Les ajustements les plus simples sont obtenus par des calculs de régressions multiples, en retenant les seules variables débits et vitesses dans un sens de circulation.

Soient les notations suivantes :

k : catégorie de véhicules

l : largeur de route.

Régressions multiples : $\vec{V}^k = \vec{V}_0^k + A^k \vec{T}$

- \vec{V}^l vecteur des vitesses moyennes $\vec{V}^l = \left\{ V_k^l \right\}$
- V_k^l vitesse moyenne d'un véhicule de la catégorie k, sur une route de largeur l
- \vec{T} vecteur des trafics $T = \left\{ T_k^l \right\}$
- T_k^l débit horaire de véhicules de la catégorie k
- A^l matrice des coefficients de régression
- \vec{V}_0^l vecteur constante de régression.

Les ajustements statistiques doivent posséder les propriétés suivantes:

- a) être issus d'un échantillonnage représentatif de l'axe étudié de façon à intégrer directement l'influence des paramètres qui ne sont pas explicitement pris en compte tels que le profil, la pente, les conditions atmosphériques ;
- b) être accompagnés du domaine de validité sur les variables étudiées, à savoir ici les trafics de chacune des catégories retenues.

2. Calcul pratique

Les données de base qui sont utilisées dans la suite sont issues d'une étude expérimentale en cours d'exécution au ministère français de l'équipement. Une partie des résultats est reproduite ici.

L'échantillonnage de l'étude expérimentale est représentatif de la situation actuelle en France.

La méthode expérimentale consiste à mesurer les temps de franchissement d'une courte section (2 à 3 km) et de mesurer simultanément les débits des divers types de véhicules.

Chaque observation décrit une situation de trafic sur une période de 5 minutes.

Dans l'état actuel des recherches on n'a pu considérer que deux catégories de véhicules dans les ajustements vitesses-débits.

- Données et champ de validité des résultats.

Largeur de la route	Nombre de sections	Nombre d'observations	Etendue du débit total	Etendue du % poids lourds
6 m	9	166	0,35	0,45
7 m	18	258	0,50	0,40
9 m	9	177	100,70	0,40
10,50 m	9	97	50,12	0,35
Route à 4 voies	1	69	-	-

- Résultats :

Les valeurs suivantes sont retenues dans les calculs :

Largeur de la route	V_{10} (km/h)	V_{20} (km/h)	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}
6 m	81,4	57,3	0,027	0,104	0,020	0,06
7 m	84,6	65,6	0,024	0,065	0,015	0,03
9 m	94,8	70,9	0,022	0,052	0,015	0,028
10,5 m	95,8	71,6	0,020	0,040	0,010	0,025
Route à 4 voies	120,2	82,9	0,010	0,020	0,008	0,013

Remarque: Les coefficients a_{21} et a_{22} sont des valeurs probables.
L'écart-type sur les estimations est relativement élevé.

Dans l'étude pilote, trois catégories de véhicules lourds ont été retenues. L'hypothèse retenue pour la matrice des dérivées partielles des lois vitesses-débits est déduite de considérations expérimentales et de la connaissance des coefficients d'équivalence entre véhicules lourds.

$$\begin{array}{llll}
 A_{11} = a_{11} & A_{12} = 0,6a_{12} & A_{13} = a_{12} & A_{14} = 1,75a_{12} \\
 A_{21} = a_{21} & A_{22} = 0,6a_{22} & A_{23} = 1,1a_{22} & A_{24} = 1,25a_{22} \\
 A_{31} = 0,8a_{21} & A_{32} = 0,7a_{22} & A_{33} = a_{22} & A_{34} = 1,50a_{22} \\
 A_{41} = 0,6a_{21} & A_{42} = 0,8a_{22} & A_{43} = 0,9a_{22} & A_{44} = 1,75a_{22}
 \end{array}$$

Constantes de vitesse (vitesses à débit nul) en km/h.

Largeur de la route	V_{10}	V_{20}	V_{30}	V_{40}
6 m	81,4	70	57	40
7 m	84,6	75	65	47
9 m	94,8	80	70	54
10,5 m	95,8	82	71	59
Routes à 4 voies	120,2	90	82	65

Dans l'état actuel des données expérimentales, seules les méthodes de régressions multiples sur des ajustements linéaires conduisent à des résultats avec un degré de confiance acceptable. Il en résulte que le domaine de la saturation et en particulier l'influence relative des divers types de véhicules dans ce type de situation de trafic ne sont pas actuellement abordables.

ANNEXE IV. 5

COUTS D'EXPLOITATION DES VEHICULES ROUTIERS

Les coûts d'exploitation, tels qu'ils sont calculés, ne comprennent aucune charge d'infrastructure.

Pour effectuer ces calculs, on s'est basé principalement sur les principes exposés dans l' "Instruction sur les calculs de rentabilité appliqués aux investissements routiers" du ministère des travaux publics (1964) ainsi que sur les méthodes et les quelques résultats établis par le Bureau d'analyse des prix de revient du ministère français de l'équipement dans le document "Prix de revient des transports routiers" - mai 1967.

1. Véhicules lourds

Les catégories de véhicules lourds retenues dans l'étude sont les suivantes :

- poids lourds de charge utile inférieure à 5 tonnes ;
- poids lourds de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes ;
- poids lourds de charge utile supérieure à 10 tonnes.

Les calculs de coûts d'exploitation des véhicules ont été effectués pour quelques types de poids lourds que la connaissance du parc en service en 1965 a permis de sélectionner comme étant assez représentatifs de ce parc. Il s'agit de quatre types de véhicules de 1,5 t, 5 t, 10 t et 22 t de charge utile.

Pour les besoins du calcul du coût marginal de congestion, les coûts d'exploitation des trois catégories de véhicules lourds ci-dessus ont été obtenus à partir de ceux de ces quatre types de véhicules.

.../...

Formule de calcul du coût d'exploitation

Sur le plan général, pour une catégorie de véhicules quelconque, le coût d'exploitation se présente sous la forme d'une fonction polynômiale de la vitesse :

$$C_k = \frac{b_{k1}}{V_k} + b_{k2} + b_{k3} V_k + b_{k4} V_k^2 + b_{k5} V_k^3 + \dots$$

soit, en adoptant les notations vectorielles,

$$C_k = \vec{B}_k \cdot f(\vec{V}_k) \quad \vec{B}_k = b_{k1}, b_{k2}, b_{k3}, \dots b_{k5} \dots$$
$$f(\vec{V}) = \frac{1}{V}, V, V^2, V^3, \dots$$

Les données nécessaires au calcul des coûts d'exploitation des véhicules sont donc les vecteurs B_k par catégories de véhicules.

Pour les calculs pratiques, on a retenu la formule suivante :

$$C_T = \frac{F_g K}{C_u} (\alpha + f(V) + \frac{1}{V}) + \frac{\beta}{d} \times \frac{F_g}{K_i C_u}$$

où : C_T coût total d'exploitation à la tonne kilométrique (en francs)

F_g frais généraux en francs/km

K coefficient de chargement

r coefficient de retour à vide : quotient de la distance parcourue à vide et de celle parcourue en charge

K_i coefficient d'utilisation du camion : quotient du tonnage transporté et du tonnage utile pour le parcours en charge

$$K = \frac{1+r}{K_i}$$

C_u charge utile en tonnes

α charges indépendantes de la vitesse (pneumatiques, entretien) en francs/km

.../...

$f(V)$ coût kilométrique de consommation de carburant

l charges horaires fixes en francs

V vitesse moyenne de parcours en km/h

β nombre d'heures d'attente terminales

d distance en km parcourue en charge.

Evaluation des divers paramètres et coefficients pour le calcul des coûts

Les valeurs retenues sont des moyennes statistiques et ne peuvent être appliquées à des cas particuliers isolés qu'en admettant un intervalle de confiance assez grand.

La structure du coût adoptée est bien adaptée pour les véhicules lourds de charge utile élevée qui font des parcours en rase campagne à vitesse relativement élevée.

Par contre, l'utilisation des poids lourds de faible charge utile porte sur des petits lots et intéresse des parcours de desserte urbaine et suburbaine. Les résultats établis pour cette catégorie sont très approchés.

Valeur des paramètres et des coefficients

Quatre camions types sont retenus dans la suite des calculs; les valeurs adoptées sont des moyennes.

Paramètres	C_u en tonnes			
	1,5	5	10	20
F_g	1,2	1,2	1,2	1,2
K_i	0,85	0,80	0,63	0,80
K	1,75	1,50	1,90	1,50
r	0,5	0,2	0,2	0,2
V	65	57	55	46,5
β	6	8	8	8

Valeurs de α - charges indépendantes de la vitesse (hors taxes spécifiques)

	C_u en tonnes	1,5	5	10	22
Postes					
Pneumatiques		0,02	0,05	0,06	0,09
Entretien et lubrifiants		0,10	0,13	0,16	0,28
Valeur de α en francs/km		0,12	0,18	0,22	0,37

Coûts de consommation de carburant en fonction de la vitesse

La consommation de carburant des véhicules lourds sur un parcours dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont le rapport poids-puissance, le profil du parcours et la vitesse.

La formulation présentée ci-après se borne à faire intervenir la vitesse.

On a fait l'hypothèse que la pente ne dépassait pas 3 %, ce qui est admissible en première approximation sur l'axe Paris - Le Havre.

.../...

Consommation de carburant en fonction de la vitesse

1,5 T	$C_o = 38,3 - 1,08 V + 0,010 V^2$
5 T	$C_o = 44,2 - 1,25 V + 0,0125 V^2$
10 T	$C_o = 57,4 - 1,80 V + 0,020 V^2$
22 T	$C_o = 93,2 - 3,06 V + 0,0425 V^2$

Pour le calcul du coût de consommation de carburant, les coûts unitaires par litre de gas-oil retenus sont les suivants :

hors taxes spécifiques : 0,247 F

toutes taxes comprises : 0,645 F

Valeur de l - charges horaires fixes

Amortissement du véhicule

La durée de vie des véhicules moteurs a été estimée à 8 ans et celle des semi-remorques à 10 ans. La valeur résiduelle dans les deux cas est supposée nulle. Le taux d'intérêt retenu est de 7 %. L'utilisation des véhicules a été estimée en moyenne à 2.000 heures/an.

Eléments de calcul	Charge utile en tonnes				
	1,5	5	10	22	
				tracteur	semi-remorque
Valeur d'achat, en francs	15.000	31.000	60.200	77.000	46.000
Annuité constante d'amortissement et d'intérêt, en francs	2.500	5.200	10.080	12.900	6.550
Charge horaire d'amortissement et d'intérêt, en francs	0,90	1,86	3,60	6,95	

Dépenses de personnel

Les dépenses de personnel ont été déterminées sur la base d'une utilisation moyenne des véhicules de 2.800 heures par an pour un seul conducteur. Ces dépenses comprennent, outre le salaire proprement dit, les charges sociales qui sont égales à 57,25 % du salaire ainsi que les frais horaires de déplacement (F_d).

Eléments de calcul	Charge utile en tonnes			
	1,5	5	10	22
Salaire mensuel moyen, en francs	850	920	1.150	1.150
Salaire annuel + charges sociales, en francs	16.000	17.300	21.700	21.700
Frais de déplacement (en francs/h)	0	0,80	2,50	2,50
Total (en francs/h)	5,70	7,00	10,25	10,25

Assurances, taxes sur les véhicules, droits de transport

Le calcul a été également conduit sur la base d'une utilisation moyenne des véhicules de 2.800 heures par an.

Les taxes sur les véhicules ainsi que la taxe sur les assurances de 10,25 % ont été considérées comme charges fiscales spécifiques.

Eléments de calcul	Charge utile en tonnes			
	1,5	5	10	22
Assurances (en F/an)	1.500	2.200	3.800	6.500
Taxe et surtaxe sur les véhicules (en F/an)	180	600	2.625	5.525
Intérêt sur la valeur des droits de transport (en F/an)	0	900	2.100	3.500
Total en F/heure				
Toutes taxes comprises	0,60	1,32	3,04	5,54
Hors taxes spécifiques	0,48	1,03	1,97	3,34

Récapitulation

Le montant des charges horaires fixes est égal à la somme des trois éléments précédemment calculés.

Eléments de calcul	Charge utile en tonnes			
	1,5	5	10	22
Amortissement du véhicule	0,90	1,86	3,60	6,95
Dépenses de personnel	5,70	7,00	10,25	10,25
Assurances, taxes sur les véhicules, intérêt sur la valeur des droits de transport				
Toutes taxes comprises	0,60	1,32	3,04	5,54
Hors taxes spécifiques	0,48	1,03	1,97	3,34
Valeur de l				
Toutes taxes comprises	7,20	10,20	16,90	22,70
Hors taxes spécifiques	7,08	9,89	15,80	20,54

Dans le tableau de la page 104, on a procédé à la récapitulation des éléments de coût nécessaires pour le calcul du coût d'exploitation à la tonne-km pour les quatre types de véhicules lourds étudiés.

Dans le tableau de la page 105, on a procédé à l'ajustement des formules du tableau précédent pour le calcul du coût d'exploitation par véhicule-km pour les mêmes types de véhicules.

Dans le tableau de la page 106, on a donné les formules permettant le calcul du coût d'exploitation par véhicule-km pour les trois catégories de véhicules lourds retenues dans l'étude pilote ainsi que pour un véhicule moyen. Ce coût résulte de la pondération des coûts

au véhicule-km des quatre types de véhicules lourds étudiés en fonction du pourcentage que représente chaque type dans chacune des trois catégories de charge utile précédemment définies.

Ces pourcentages sont les suivants :

Véhicules de charge utile inférieure à 5 tonnes : 100 % de véhicules de 1,5 tonne de charge utile.

Véhicules de charge utile comprise entre 5 et 10 tonnes : 60 % de véhicules de 5 tonnes de charge utile et 40 % de véhicules de 10 tonnes de charge utile.

Véhicules de charge utile supérieure à 10 tonnes : 20 % de véhicules de 10 tonnes de charge utile et 80 % de véhicules de 22 tonnes de charge utile.

Véhicule moyen de 5,5 tonnes de charge utile : 90 % de véhicules de 5 tonnes de charge utile et 10 % de véhicules de 10 tonnes de charge utile.

Coûts à la tonne-kilomètre des véhicules lourds
de charge utile : 1,5 , 5 , 10 et 22 tonnes

C.U. : C_T : coût en francs à la tonne-km - V : vitesse en km/h - d : distance en km parcourue en charge

1,5 tonnes	Taxes incluses	$C_T = 1,40 \left[0,12 + 645 \cdot 10^{-5} (0,01 v^2 - 1,08 v + 38,3) + \frac{7,20}{v} \right] + \frac{40,6}{d}$
	Hors taxes spécifiques	$C_T = 1,40 \left[0,12 + 247 \cdot 10^{-5} (0,01 v^2 - 1,08 v + 38,3) + \frac{7,08}{v} \right] + \frac{40,6}{d}$
5 tonnes	Taxes incluses	$C_T = 0,456 \left[0,18 + 645 \cdot 10^{-5} (0,0125v^2 - 1,25 v + 44,2) + \frac{10,2}{v} \right] + \frac{24,5}{d}$
	Hors taxes spécifiques	$C_T = 0,456 \left[0,18 + 247 \cdot 10^{-5} (0,0125v^2 - 1,25 v + 44,2) + \frac{9,89}{v} \right] + \frac{24,5}{d}$
10 tonnes	Taxes incluses	$C_T = 0,228 \left[0,22 + 645 \cdot 10^{-5} (0,02 v^2 - 1,8 v + 57,4) + \frac{16,9}{v} \right] + \frac{25,8}{d}$
	Hors taxes spécifiques	$C_T = 0,228 \left[0,22 + 247 \cdot 10^{-5} (0,02 v^2 - 1,8 v + 57,4) + \frac{15,8}{v} \right] + \frac{25,8}{d}$
22 tonnes	Taxes incluses	$C_T = 0,082 \left[0,37 + 645 \cdot 10^{-5} (0,0425v^2 - 3,06 v + 93,2) + \frac{22,7}{v} \right] + \frac{12,4}{d}$
	Hors taxes spécifiques	$C_T = 0,082 \left[0,37 + 247 \cdot 10^{-5} (0,0425v^2 - 3,06 v + 93,2) + \frac{20,54}{v} \right] + \frac{12,4}{d}$

Nota : Le coût à la tonne-km tient compte des retours à vide et des attentes terminales.

Coûts au véhicule-kilomètre des véhicules lourds
de charge utile : 1,5 , 5 , 10 et 22 tonnes

C.U.	C : coût en francs par véhicule-km - V : vitesse en km/h - d : distance en km parcourue en charge
1,5 tonnes	Taxes incluses : $C = 0,560 + 0,00009 V^2 - 0,01243 V + \frac{12,85}{V} + \frac{51,76}{d}$
	Hors taxes spécifiques : $C = 0,300 + 0,00003 V^2 - 0,00372 V + \frac{12,63}{V} + \frac{51,76}{d}$
5 tonnes	Taxes incluses : $C = 0,848 + 0,00014 V^2 - 0,0147 V + \frac{18,60}{V} + \frac{98,0}{d}$
	Hors taxes spécifiques : $C = 0,202 + 0,00005 V^2 - 0,00562 V + \frac{18,03}{V} + \frac{98,0}{d}$
10 tonnes	Taxes incluses : $C = 0,538 + 0,00018 V^2 - 0,01666 V + \frac{24,27}{V} + \frac{162,54}{d}$
	Hors taxes spécifiques : $C = 0,518 + 0,00007 V^2 - 0,00637 V + \frac{22,69}{V} + \frac{162,54}{d}$
22 tonnes	Taxes incluses : $C = 1,386 + 0,00039 V^2 - 0,02845 V + \frac{32,76}{V} + \frac{218,24}{d}$
	Hors taxes spécifiques : $C = 0,862 + 0,00015 V^2 - 0,01089 V + \frac{29,64}{V} + \frac{218,24}{d}$

Nota : Le coût au véhicule-km est lié au coût à la tonne-km par la charge utile et le coefficient de remplissage moyen. Il s'obtient à l'aide de la formule suivante :

$$C = C_T \times K_1 \times C_u$$

Coûts au véhicule-kilomètre des véhicules lourds
de charge utile inférieure à 5 tonnes, comprise entre 5 et 10 tonnes, supérieure à 10 tonnes
et pour un véhicule moyen

C.U.	C : coût en francs par véhicule-km	V : vitesse en km/h	d : distance en km parcourue en charge
< 5 tonnes	d	Taxes incluses	$C = 0,560 + 0,00009 v^2 - 0,01243V + \frac{12,85}{v} + \frac{51,76}{d}$
	25 km	Hors taxes spécifiques	$C = 0,300 + 0,00003 v^2 - 0,0037 v + \frac{12,63}{v} + \frac{51,76}{d}$
5 à 10 tonnes	d	Taxes incluses	$C = 0,672 + 0,00010 v^2 - 0,0132 v + \frac{15,15}{v} + \frac{70,25}{d}$
	100 km	Hors taxes spécifiques	$C = 0,260 + 0,00004 v^2 - 0,0044 v + \frac{14,79}{v} + \frac{70,25}{d}$
> 10 tonnes	d	Taxes incluses	$C = 1,217 + 0,00034 v^2 - 0,0260 v + \frac{31,06}{v} + \frac{207,10}{d}$
	400 km	Hors taxes spécifiques	$C = 0,793 + 0,00013 v^2 - 0,0099 v + \frac{28,25}{v} + \frac{207,10}{d}$
Véhicule moyen	d	Taxes incluses	$C = 0,817 + 0,00014 v^2 - 0,0149 v + \frac{19,16}{v} + \frac{104,45}{d}$
	80 km	Hors taxes spécifiques	$C = 0,234 + 0,00005 v^2 - 0,0057 v + \frac{18,49}{v} + \frac{104,45}{d}$

2. Véhicules légers

Le coût d'exploitation des véhicules légers comprend : les dépenses de carburant, de lubrifiants et d'entretien. Il ne comprend pas de charges d'amortissement ou de renouvellement du véhicule.

Le coût ressenti par l'utilisateur comprend, en plus du coût d'exploitation, la valeur monétaire du temps de voyage.

Enfin, l'utilisateur contracte pour circuler sur l'infrastructure une ou plusieurs assurances; ce coût d'assurance constitue également une part non négligeable du coût ressenti.

Dépenses de consommation de carburant et d'entretien

La consommation kilométrique de carburant a été établie en fonction de la vitesse moyenne sur un échantillon de véhicules.

Sur l'axe Paris-Le Havre, on a admis que le profil en long était peu vallonné et que la pente n'excédait pas en moyenne 3 %.

Les coûts unitaires du carburant retenus sont les suivants :

- coût unitaire hors taxes spécifiques	0,292 F/l
- coût unitaire toutes taxes comprises	0,98 F/l .

Les dépenses d'entretien ont été estimées à 0,045 centimes.

Valeur unitaire du temps

Les études de la demande décrites dans la troisième partie montrent que la valeur du temps dépend de nombreux facteurs et surtout du motif du voyage.

Les valeurs du temps déduites des arbitrages entre route ordinaire et autoroute à péage se dispersent entre 4,5 et 12 F/heure.

La valeur retenue est de 8 F/heure par véhicule. Cette valeur pour l'année 1965, pour laquelle sont faits les calculs, résulte d'études antérieures du même type dont les résultats sont en accord avec les valeurs ci-dessus.

Coût des assurances

Le coût moyen kilométrique relatif aux assurances qui sont souscrites par les usagers contre les risques des accidents de la route doit être rapporté, dans le cas de l'étude pilote, à la part relative aux parcours effectués en rase campagne.

Il y a lieu de remarquer également que le montant de la prime d'assurance moyenne est difficile à évaluer en toute rigueur. En effet, un usager peut contracter plusieurs types d'assurances, dont certaines couvrent des risques pouvant survenir au cours d'un voyage en automobile, mais aussi en d'autres circonstances (assurance maladie, assurance vie, etc.). D'autre part, un grand nombre d'assurances couvrent à la fois les parcours en zone urbaine et suburbaine aussi bien que les parcours en rase campagne. On a admis que le coût des assurances rapporté au véhicule-km est le même dans les deux cas.

La valeur moyenne d'assurance a été estimée à 0,073 F/km.

ANNEXE IV. 6

DETERMINATION DU COUT MARGINAL D'ACCIDENT DE LA ROUTE

I. Evaluation du taux d'accidents par types d'infrastructures et du coût marginal d'accident

a) Méthode

Le taux d'accidents moyen annuel dépend de plusieurs facteurs, dont les plus importants sont:

- les caractéristiques géométriques et physiques de l'infrastructure;
- le volume du trafic et sa composition;
- le comportement des conducteurs.

Parmi ces facteurs, ont été retenus dans l'étude statistique la largeur de la route comme variable de tri, et les trafics moyens journaliers par catégories de véhicules comme variables explicatives.

En première approximation, il a été admis que, l'étude portant sur toutes les sections étudiées dans l'étude pilote, l'influence des autres variables est prise en compte de façon moyenne.

On a admis également qu'au voisinage de la situation actuelle le taux d'accidents était une fonction linéaire des trafics absolus de chaque catégorie de véhicules.

L'ajustement d'un modèle linéaire sur un ensemble d'observations géographiques doit être interprété de façon très prudente. Les résultats obtenus ne sont certainement pas transposables sur un autre axe géographique.

Deux séries d'ajustements ont été réalisées:

- Les ajustements faisant intervenir les deux variables poids lourds et véhicules légers sont assez peu significatifs. Les coefficients de régression obtenus sont stables et montrent que le rapport des coefficients d'équivalence (rapport des dérivées partielles du taux d'accidents par rapport aux véhicules lourds et aux véhicules légers) est voisin de 4 pour les routes de 7 m et légèrement inférieur pour les autres routes.

- Les ajustements faisant intervenir le trafic total journalier moyen ont été réalisés pour expliquer le nombre d'accidents, le nombre de blessés graves et le nombre de tués.

b) Résultats concernant le taux d'accidents

Les résultats obtenus sont les suivants:

Type d'infrastructure	Ajustements	Variance sur le coefficient de T	Coefficient de régression
Largeur 6 m (27 observations)	X = 204,2 + 0,34 T	(0,05)	R = 0,79
	Y = -126 + 0,12 T	(0,01)	R = 0,78
	Z = -129 + 0,76 T	(0,10)	R = 0,83
Largeur 7 m (37 observations)	X = - 484 + 0,66 T	(0,13)	R = 0,62
	Y = - 60 + 0,075 T	(0,02)	R = 0,41
	Z = - 764 + 1,09 T	(0,23)	R = 0,61
Largeur 9 m (14 observations)	X = - 118 + 0,58 T	(0,22)	R = 0,54
	Y = - 119 + 0,06 T	(0,01)	R = 0,66
	Z = -3200 + 1,33 T	(0,24)	R = 0,80
Largeur 10,5 m (10 observations)	Y = - + 0,03 T	(0,012)	R = 0,65

X : 1.000 fois le nombre d'accidents par kilomètre et par an

Y : 1.000 fois le nombre de tués par kilomètre et par an

Z : 1.000 fois le nombre de blessés par kilomètre et par an

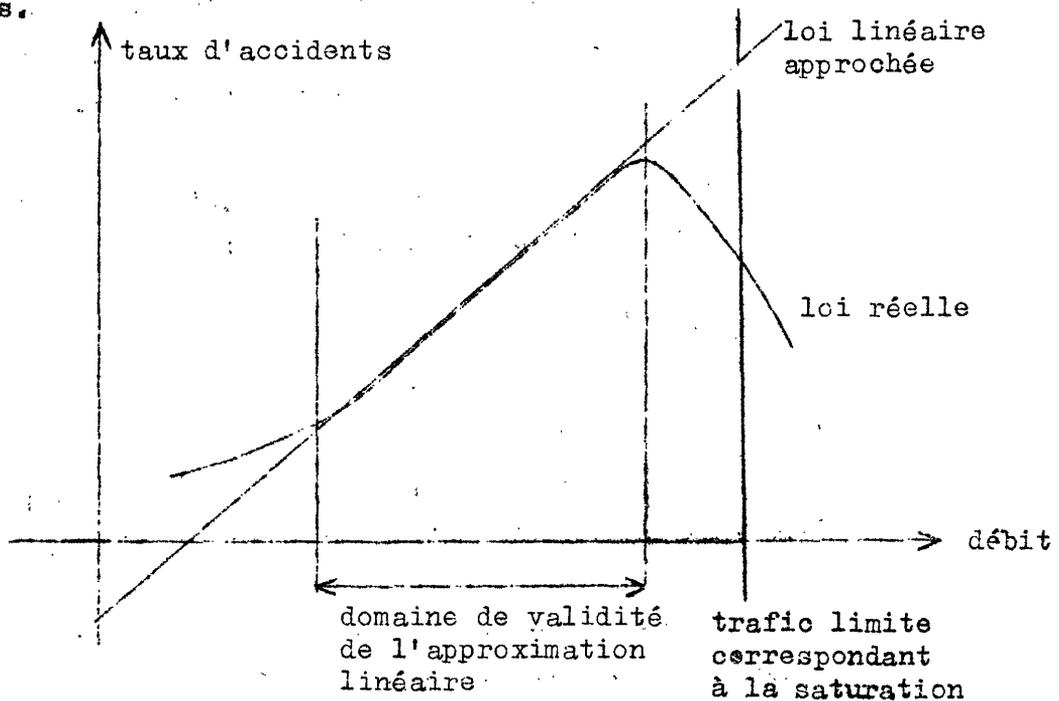
T : Trafic journalier moyen.

Remarques:

1. Le débit horaire moyen sur les routes de l'échantillon était de 200 à 300 véhicules/heure pour les routes à 2 voies et de 200 à 500 pour les routes à 3 voies. (Le débit horaire moyen est déduit du trafic journalier moyen en divisant ce dernier par 15,6 et non par 24 pour tenir compte des fluctuations horaires du trafic dans la journée).

2. Le taux d'accidents sur les routes à 3 voies n'est pas très élevé du fait du trafic moyen relativement faible par rapport à la capacité.

3. Les études fines des statistiques d'accidents en fonction du niveau de circulation montrent que le taux d'accidents s'amplifie au voisinage d'un trafic critique comme il est indiqué sur le graphique ci-dessous.



L'approximation linéaire n'a de sens que dans le domaine des trafics moyens journaliers existants.

Pour des trafics faibles, l'approximation conduit à une constante négative qui n'a d'autre signification que celle d'un coefficient de régression.

c) Valeur du coût marginal d'accident

- Définitions et hypothèses numériques

1. Définition du tué dans les statistiques d'accident

Une personne est considérée comme tuée à la suite d'un accident de la route si le décès survient dans les six jours qui suivent le jour de l'accident.

2. Signification des coûts unitaires d'accident

Il s'agit d'évaluer les éléments chiffrables attachés à la valeur de la vie humaine difficilement appréciables, et les éléments plus concrets tels que les dépenses médicales, les réparations des véhicules, qui peuvent être pris en compte dans une étude des coûts d'accident.

Les principaux effets des accidents de la route qu'il est possible d'évaluer pour un calcul économique sont les suivants :

- dommages subis par les véhicules ;
- interventions médicales et chirurgicales ;
- perte subie par la société du fait de blessures, invalidité ou disparition des personnes (évaluée en calculant la perte de production) ;
- coûts de fonctionnement des compagnies d'assurances rattachés aux accidents de la route ;
- coût dû aux transferts de revenus de l'ensemble de la société vers ceux qui ont subi des dommages à la suite d'accidents.

En réalité, les grandeurs numériques retenues n'ont qu'une valeur relative et elles ne servent de base, dans le calcul économique, qu'avec une valeur d'hypothèse.

.../...

3. Hypothèses numériques

- Les coûts unitaires ci-après ont été admis :

- par accident : 2.500 F;
- par blessé : 5.500 F;
- par tué : 150.000 F.

Le coût horaire des accidents sur l'axe s'établit alors comme suit :

$$C = (150.000 Y + 5.500 Z + 2.500 X) / 8,76 \cdot 106$$

On en déduit le coût marginal d'accident de l'unité de trafic :

$$C_{ma(F/V)} = \frac{C}{T_1} = (150.000 \frac{Y}{T} + 5.500 \frac{Z}{T} + 2.500 \frac{X}{T}) / 8,76 \cdot 106,$$

où T_1 : trafic moyen horaire en véhicules ($T_1 = T/15,6$)

- Résultats numériques

Le coût marginal d'accident (C_{ma}) représente le coût provoqué par l'augmentation d'une unité du trafic horaire moyen. Les valeurs obtenues sont les suivantes (en centimes par véhicule-km) :

Largeur de chaussée	6 m	7 m	9 m	10,5 m
C_{ma}	4,1	3,3	3	1,8

II. Détermination du péage d'accident

L'information statistique très limitée dont on dispose ne permet pas d'évaluer avec précision le montant à intégrer dans le coût marginal social et qui représente la différence entre le coût marginal d'accident et la charge supportée par les usagers au titre des primes d'assurances. Ce montant est appelé dans la suite péage d'accident.

On a de ce fait été amené à faire un certain nombre d'hypothèses simplificatrices.

- On n'a retenu que deux catégories de véhicules : véhicules légers et véhicules lourds.

.../...

Pour une catégorie de véhicules on peut définir un coût kilométrique moyen d'accident (L_i moy) qui doit être supporté d'après les règles juridiques, et qui tient compte du parcours moyen annuel de cette catégorie.

- Les assurances sont gérées de manière que la prime d'assurance A_i soit telle que $A_i = L_i \text{ moy} \cdot D_i$.

Dans cette formule, A_i est la prime d'assurance annuelle et D_i , le parcours moyen annuel.

- Le rapport L_1/L_2 est approximativement indépendant du trafic et du type d'infrastructure. D'après l'hypothèse précédente, il peut être approché par $(A_1 / D_1) / (A_2 / D_2)$.

L'ensemble de ces hypothèses ne fait pas intervenir la différence importante des types de circulation et d'accidents en zone urbaine et en rase campagne, et on ne peut préciser la validité de l'approximation faite. Seules des études plus complètes pourraient améliorer sérieusement le mode de calcul qui suit.

a) Méthode de calcul des péages d'accident

L'exposé de la méthode de calcul suivie figure à l'annexe II.3. Soient deux catégories de véhicules 1 et 2. Le rapport entre leurs coûts kilométriques moyens d'accident est

$$L_1 / L_2 = (A_1 / D_1) / (A_2 / D_2).$$

Le coût total d'accident est égal à

$$C(q_1, q_2) = L_1 q_1 + L_2 q_2.$$

Les péages d'accident P_a de chacune de ces deux catégories s'établissent alors à

$$P_{a1} = \frac{\delta C}{\delta q_1} - L_1$$
$$P_{a2} = \frac{\delta C}{\delta q_2} - L_2.$$

.../...

Le coût kilométrique moyen d'accident $C(q_1, q_2)$ est celui qui ressort de l'étude statistique, dont il a été question ci-dessus. Il est de la forme :

$$C = - C_0 + a T,$$

T étant le trafic total.

Le coefficient d'équivalence entre les deux catégories est

$$\frac{dC}{dT_1} / \frac{dC}{dT_2} = e$$

où : T_1 trafic de véhicules légers

T_2 trafic de véhicules lourds.

$$L_1 / L_2 = 1 / k$$

- Expression analytique des péages d'accident

$$P_{a1}^{(1)} = \frac{1}{1 - \alpha + \alpha k} \cdot \frac{C_0}{T_{\text{moy}}} + a \left(\frac{1}{1 - \alpha + e \alpha} - \frac{1}{1 - \alpha + \alpha k} \right)$$

$$P_{a2}^{(2)} = \frac{k}{1 - \alpha + \alpha k} \cdot \frac{C_0}{T_{\text{moy}}} + a \left(\frac{e}{1 - \alpha + e \alpha} - \frac{k}{1 - \alpha + \alpha k} \right)$$

= pourcentage de poids lourds.

(1) P_{a1} = péage d'accident des véhicules légers.

(2) P_{a2} = péage d'accident des véhicules lourds.

b) Valeurs numériques des péages d'accident

Largeur de l'infrastructure	6 m	7 m	9 m	10,5 m
C_o (centimes)	217	164	317	317 ⁽¹⁾
C_{ma} (centimes/véh.)	4,1	3,3	3	1,8
T_{moy} (véh/h)	133	228	520	580
P_{a1} (centimes par véh-km)	1	0,1	-	0,25
P_{a2} (centimes par véh-km)	6	4,3	3,6	2,5

Remarques

1. Les calculs ont été conduits avec un pourcentage moyen de poids lourds de 15 % et un coefficient d'équivalence de 2,5.
2. Le rapport L_1 / L_2 est pris égal à 1.

(1) On a supposé que la constante était la même que pour les routes de 9 m.

ANNEXE IV. 7

COUTS D'EXPLOITATION DES BATEAUX ET VALORISATION
DES TEMPS D'ATTENTE AUX ECLUSES

Les calculs des coûts marginaux sociaux nécessitent, comme il est exposé dans la partie méthodologique, la valorisation des temps d'attente et de franchissement des écluses.

Méthode de calcul des coûts d'exploitation

Les coûts calculés sont relatifs à l'exécution de la prestation de transport proprement dite. Ils concernent la mise à disposition et l'exploitation du matériel de transport, à l'exclusion des charges d'infrastructure.

1. Valorisation du temps

La valeur du temps comprend :

- a) le coût horaire C_p^m de circulation du bateau qui couvre les dépenses variables avec son utilisation.

Des études effectuées en France ont montré que l'on pouvait supposer que :

$$C_p^m = C_p^{hn} \left(0,25 + 0,75 \frac{P}{P_0} \right)$$

où C_p^{hn} est le coût horaire de circulation à pleine puissance (P.O.) du moteur

et P la puissance effectivement développée par celui-ci.
Les valeurs de C_p^{hn} sont consignées dans le tableau de la page 123.

.../...

b) le coût horaire C_p^h de mise à disposition de l'élément propulsif.

En ce qui concerne la Basse-Seine, on a admis les durées d'utilisation annuelle suivantes :

	Automoteurs		Pousseurs		Barges	
	NC (1)	NJ (1)	NC (1)	NJ (1)	NC (1)	NJ (1)
Nombre d'heures d'utilisation/jour	11		22	11	22	11
Nombre de jours d'utilisation/an	320 (2)		320 (2)		330 (2)	
Nombre d'heures d'utilisation/an	3.500		6.000		7.200	3.600

(1) NC : Navigation continue
 NJ : Navigation de jour seulement.

(2) 45 ou 35 jours d'entretien, réparation du matériel et interruption de navigation.

Par ailleurs, on a admis qu'il n'existait aucune surcapacité chronique pour les transports privés et les transports réguliers sous contrat à long terme (plus de 60 % sur la Basse-Seine) et pour une partie du transport à la demande (bateaux spécialisés). Pour les automoteurs, un coefficient de réduction doit être appliqué au coût de mise à disposition b) pour tenir compte de la surcapacité d'une partie de la flotte. La consultation des services compétents a permis de l'évaluer à 0,70.

c) le coût C_b^h de mise à disposition des barges éventuellement accouplées à l'élément propulsif précédent.

En résumé, le temps de franchissement est valorisé comme suit :

$$K \times (C_p^h + n C_b^h) + 0,25 C_p^{hn}$$

où : $K = 1$ pour les convois poussés et $0,7$ pour les automoteurs,

$n =$ nombre de barges accouplées à l'élément propulsif du convoi.

Il n'y a pas lieu de distinguer les divers éléments du temps marginal de franchissement pour la valorisation. En effet, pendant le temps d'inversion (t_i^{inv}) et le temps d'attente (t_i^{at}), le moteur est au ralenti en général ($P = 0$). Mais le moteur est également au ralenti pendant une grande partie du temps de mise en place et de sortie, car il s'agit en fait d'attendre que les autres bateaux formant la bassinée se mettent en place ou soient sortis. Dans la mesure où t_i^m est une fonction linéaire et homogène du nombre de bateaux de chaque type, l'accroissement éventuel de ce temps ne provient pas d'un accroissement du temps de manoeuvre du bateau considéré, mais d'une augmentation du temps mis par les autres bateaux pour se mettre en place ou sortir. Pendant ce temps, le bateau considéré est alors au ralenti ($P = 0$).

.../...

Le tableau de la page 124 rassemble, pour les types de bateaux retenus dans l'étude de la Basse-Seine, les résultats du calcul du coût de mise à disposition (C_p^h , C_b^h) et du coût de l'heure de navigation à pleine puissance.

2. Structure du coût d'exploitation

La structure de ce coût établie à partir des résultats des études françaises qui ont été réalisées récemment est la suivante :

$$P = A + A'_r + (B + B'_r) d + (1 + r) C_t N \quad (1)$$

r = coefficient de retour à vide = $\frac{\text{distance à vide}}{\text{distance en charge}}$

d = distance en kilomètres

N = temps passé à franchir les écluses du voyage considéré.

Paramètres :

Leur valeur est indiquée dans le tableau de la page 125

Coefficients employés dans la formule (1)

$$A = n \left(C_p^h + 0,25 C_p^{hn} + n C_b^h + t (h C_b^h + C_{st}) + C_{ft} \right) + xht C_p^h$$

$$A' = n \left(C_p^h + 0,25 C_p^{hn} + C_b^h + C'_{ft} \right)$$

$$B = \frac{1}{V} (C_p^h + n C_b^h) + C_p^{hn} \frac{m}{V}$$

$$B' = \frac{1}{V} (C_p^h + n C_b^h) + C_p^{hn} \frac{m'}{V}$$

$$C_t = K x (C_p^h + n C_b^h) + C_p^{hn} - 0,25.$$

.../...

Coûts élémentaires

- C_p^h Coût horaire de mise à disposition de l'élément propulsif (pous-
seur, automoteur, système de propulsion amovible).
- C_p^{hn} Coût horaire de marche à pleine puissance de l'élément propulsif.
- C_b^h Coût horaire de mise à disposition d'un élément poussé (barge).
- C_{ft} Coûts terminaux de mise en place d'une barge indépendants du temps
de stationnement terminal, dans le cas où il y a retour en charge
(par voyage).
- C'_{ft} Supplément de coûts terminaux, dans le cas où il y a retour à vide
(par voyage).
- C_{st} Coûts terminaux proportionnels à la durée du stationnement termi-
nal (par journée-barge).

Durées

Elles sont exprimées en heures.

- a : durée de rotation de l'élément propulsif
- b : durée fictive de fonctionnement à pleine puissance du moteur
- c : durée de rotation des barges.

Autres variables utilisées

- d : distance en kilomètres
- v : vitesse en kilomètres/heure
- e : espacement moyen des écluses en kilomètres
- s : perte de temps par franchissement d'écluses (par heure)

.../...

- t : durée du stationnement terminal (chargement, déchargement, attente à l'affrètement) exprimée en jours
- m : coefficient d'équivalence en heure pleine puissance de l'heure de marche en charge
- m' : coefficient d'équivalence en heure pleine puissance de l'heure de marche à vide
- r : coefficient de parcours à vide
- n : nombre de barges
- x : coefficient égal à 0 si l'élément propulsif est un pousseur et à 1 si c'est un automoteur⁽¹⁾
- h : rapport du nombre d'heures d'utilisation au nombre de jours d'utilisation
(h = 11 si la navigation est seulement diurne ; h = 22 si elle est continue).

(1) Dans ce dernier cas, la formule de calcul du prix de revient se réduit à ses deux premiers termes.

Caractéristiques techniques d'utilisation et coûts élémentaires																
	Caractéristiques techniques d'utilisation									Coûts élémentaires en F ⁽¹⁾						
	n	t	h	x	V	m	m'	K	C_p^h	C_p^{hn}	C_b^h	C_{ft}	C'_{ft}	C_{st}		
Automoteur de canal 150 CV - 375 T	0	4	11	1	12	0,65	0,40	0,7	12,10	26,9	0	0	0	0		
Automoteur de Seine 300 CV - 500 T	0	4	11	1	12	0,65	0,40	0,7	35,72	54,7	0	0	0	0		
Automoteur de Seine 400 CV - 1250 T	0	4	11	1	12	0,65	0,40	0,7	55,2	65,4	0	0	0	0		
Automoteur de Seine 300 CV - 800 T	0	4	11	1	12	0,65	0,40	0,7	42,4	58,0	0	0	0	0		
Convois poussés																
Non spé- : 2800 T	7	4	11	0	12	0,65	0,40	1	75,9	70,3	24,9	88,1	29,3	11,7		
cialisés : 800 CV : 3200 T	8	4	11	0	12	0,65	0,40	1	75,9	70,3	28,5	88,1	29,3	11,7		
Hydro- : 2800 T	2	4	22	0	12	0,65	0,35	1	84,8	138,4	39,2	176,0	58,6	11,7		
carbures : 1600 CV : 3200 T	2	4	22	0	12	0,65	0,35	1	84,8	138,4	39,2	176,0	58,6	11,7		

(1) Les coûts unitaires sont donnés hors taxes spécifiques (environ 3,5 % du coût, taxes incluses).

Les valeurs retenues correspondent aux conditions de transport sur la Basse-Seine et n'ont une valeur significative que pour cet axe.

Coût horaire de franchissement d'une écluse

Catégories	Trafic horaire moyen	Dimensions maximums	Equipage = Nombre	Puissance moyenne CV	Tonnage moyen tonnes	C_p^h (F)	C_p^{hn} (F)	$n \times C_b^h$ (F)	Coût horaire en F de franchissement d'une écluse
Automoteur de canal	4,38	40 x 5	2	150	375	12,10	26,9		15,19
Automoteur de canal + 1 barge 38,5 m	0,49	80 x 5	3	2 x 120	750	14,5	43,5	3,57	23,58
Automoteur de Seine	0,37	40 x 7	3	300	500	35,4	54,7		38,45
Automoteur de Seine	0,22	60 x 7	3	300	800	42,4	58,0		44,2
		100 x 12	3	400	1250	55,2	65,4		55,03
<u>Convois poussés</u>									
(1)									
.Sablier Micro P. + 4 B.MGNC 38,5 x 5,05 m	0,21	100 x 12	4	400	1600	40,6	24,3	14,3	61,06
.Spécialisé P. + 1 B.H 76,5 x 11,4 m				800	2000	72,6	70,3	19,6	109,86
.Sablier P + 6 B. MGNC 38,5 x 5,05 m	0,03	140 x 12	4	500	2400	54,4	51,34	21,4	88,61
.Spécialisé P. + 1 B.H. 76,5 x 11,4 m				800	2800	72,6	70,3	28,5	118,7
+ 2 B.H. 38,25x 5,05 m									
.Sablier P + 7 B. MGNC 38,25 x 5,05 m	0	160 x 12	5	800	2800	75,9	70,3	24,9	119,7
.Spécialisé P. + 2 B.H. 70 x 11,4 m				1600	3600	84,8	138,4	39,2	160,7

(1) MG. Marchandises générales
B. Barge

H. Hydrocarbures
NC. Non couverte

P. Pousseur
C. Couverte

$K \times (C_p^h + n C_b^h + 0,25 C_p^{hn})$
K = 0,7 pour automoteurs.
K = 1 pour convois poussés.

Coût d'exploitation par bateau ou convoi (hors taxes spécifiques)			
Type de matériel	Puissance : (CV)	Tonnage : (tonnes)	Formule de calcul
1 - Automoteur de canal	150	375	$P = 528 + (2,46 + 1,9 r) d + (1 + r) 15,2 N$
2 - Automoteur de Seine	300	500	$P = 1570 + (5,9 + 4,8 r) d + (1 + r) 38,5 N$
3 - Automoteur de Seine	400	1250	$P = 2430 + (8,1 + 6,7 r) d + (1 + r) 55,0 N$
4 - Automoteur de Seine	300	800	$P = 1870 + (6,7 + 5,4 r) d + (1 + r) 44,2 N$
<u>Convois poussés</u>			
1) non spécialisé -			
5 - P + 7 B.MGNC 38,25 x 5,05 m 160 x 12	800	2800	$P = 2880 + 1034 r + (12,2 + 10,7 r) d + (1 + r) 118,7 N$
6 - P + 8 B.MGNC 38,25 x 5,05 m 160 x 12	800	3200	$P = 3310 + 1210 r + (12,4 + 11,0 r) d + (1 + r) 104,0 N$
2) hydrocarbures -			
7 - P + 2 B.H. 70 x 11,4 m 160 x 12	1600	3600	$P = 4400 + 434 r + (17,9 + 14,4 r) d + (1 + r) 160,0 N$
8 - P + 2 B.H. 76,5 x 11,4 m 173 x 12	1600	4000	$P = 4230 + 434 r + (17,7 + 14,3 r) d + (1 + r) 160,0 N$

P = Coût du voyage en francs

r = Coefficient de parcours à vide

d = Distance en kilomètres

N = Nombre d'heures de franchissement d'écluses

ANNEXE IV. 8

RESULTATS DE L'ETUDE DE SIMULATION DES CONDITIONS
DE FRANCHISSEMENT DES ECLUSES

Répartition des bateaux, par catégories, aux différents groupes d'écluses (en pourcentage)						
Catégories de bateaux		Groupes d'écluses				
		Andrésey		Carrières		Autres groupes
		Montants	Avalants	Montants	Avalants	
1	Convois poussés					
	100 x 12	10	20	30	20	20
	140 x 12	55	35	15	35	35
	160 x 12	35	45	55	45	45
2	Automoteurs de Seine					
	40 x 7	45	45	45	45	45
	60 x 7	25	25	30	30	30
	100 x 12	20	20	20	20	20
	Caboteurs	10	10	5	5	5
3	Automoteurs de canal					
	40 x 5	94	85	86	95	90
	80 x 5	6	15	14	5	10

Caractéristiques de fonctionnement des écluses								
Ecluses					Temps d'inversion d'un éclusage (en minutes)		Fausse bassinée (en minutes)	
					Avalant	Montant	Avalant	Montant
Andrésy	160	m x	12	m	8	9	9	12
Carrières	41,6	m x	8,2	m	3	3	4	4
	141	m x	12	m (+ redan)	6	8	8	12
Méricourt	141	m x	12	m	6	8	8	12
	160	m x	12	m	8	9	9	12
	160	m x	17	m	8	9	9	12
Notre-Dame-de-la-Garenne	41,6	m x	8,2	m	3	3	4	4
	141	m x	12	m (+ redan)	9	8	11	10
	160	m x	12	m	10	12	14	16
Amfreville	141	m x	12	m	9	12	13	16
	220	m x	17	m	11	15	17	21

Temps de manoeuvre par catégories de bateaux (en minutes)							
Types d'écluses et largeur	Temps d'entrée			Temps de sortie			
	Convois poussés	Automoteurs de Seine Caboteurs	Automoteurs de canal	Convois poussés	Automoteurs de Seine Caboteurs	Automoteurs de canal	
Petites écluses (8,2 m)		1	1		1	1	
Moyennes écluses (12 m) sans redan	3	3	3	1	1	1	
Grandes écluses (12 m) à redan	5	3	2	2	2	1	
Grandes écluses (12 m) sans redan	5	3	3	1	1	1	
Grandes écluses (17 m) sans redan	3	2,5	2	1	1	1	

Valeurs retenues pour les constantes de temps de franchissement des écluses, en temps minimum			
Groupes d'écluses	Catégories de bateaux	Temps de passage à débit nul	Temps minimum de franchissement
Andrésey	Convois poussés	- 2,020	14,0
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	- 9,742	12,5
	Automoteurs de canal	- 2,221	12,5
Carrières	Convois poussés	14,680	14,0
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	16,867	7,0
	Automoteurs de canal	- 0,674	6,0
Méricourt	Convois poussés	10,060	11,5
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	2,847	11,0
	Automoteurs de canal	- 4,734	11,0
Notre-Dame-de-la-Garenne	Convois poussés	11,080	14,0
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	- 1,782	8,0
	Automoteurs de canal	- 6,327	6,0
Amfreville	Convois poussés	14,731	15,5
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	9,862	14,5
	Automoteurs de canal	9,841	14,5

Pour un débit nul, l'approximation conduit à une constante de temps de franchissement négative qui n'a d'autre signification que celle d'un coefficient de régression.

Valeurs des coefficients d'interaction des trafics					
Groupes d'écluses	Catégories de bateaux	Coefficients d'interaction, par catégories de bateaux			
		Convois poussés	Automoteurs de Seine Caboteurs	Automoteurs de canal	
Andrésey	Convois poussés	35,301	13,669	10,322	
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	33,823	15,530	12,832	
	Automoteurs de canal	24,122	11,507	13,231	
Carrières	Convois poussés	41,857	9,116	0,000	
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	0,000	5,527	0,174	
	Automoteurs de canal	1,375	5,437	2,627	
Méricourt	Convois poussés	2,528	3,043	1,842	
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	4,839	3,705	2,894	
	Automoteurs de canal	3,901	2,613	4,907	
Notre-Dame-de-la-Garenne	Convois poussés	4,915	1,784	0,558	
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	2,383	1,459	2,562	
	Automoteurs de canal	0,666	2,322	3,315	
Amfreville	Convois poussés	5,775	2,043	3,064	
	Automoteurs de Seine - Caboteurs	4,744	3,333	4,130	
	Automoteurs de canal	5,278	1,362	4,030	

ANNEXE IV.9

QUESTIONNAIRE RELATIF AU CALCUL DES COUTS
DES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES SELON LE
SYSTEME DU COUT TOTAL

QUESTIONNAIRE N° I

Terrains

I Terrains	II Superficie (en m ²)	III Prix unitaire (en F)	IV Valeur de remplace- ment (en F)	V Valeur de récupéra- tion (en F)
<u>Zone urbaine</u>				
1) Triages				
2) Voies principales y compris garages actifs				
<u>En dehors des agglomérations</u>				
1) Triages				
2) Voies principales y compris garages actifs				

.../...

QUESTIONNAIRE N° II

Corps et plateforme de la voie, plantations,
clôtures et ouvrages de protection

I Travaux Ouvrages	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
I - <u>Plateforme</u> y compris tranchées, remblais, installations de drai- nage et d'assainisse- ment (drains, buses, fossés maçonnés, aque- ducs de faible ouver- ture), protection des remblais et tranchées (perrés maçonnés ou non, plantations, etc.), bandes protectrices contre le feu.				
a) ligne à double voie - plateforme à niveau ou en remblai et déblai peu important h < 2m - plateforme en remblai ou déblai important 2m < h < 5m - plateforme en remblai ou déblai très impor- tant h > 5m - cas particuliers	longueur largeur moyenne de la plateforme nature du terrain type d'assainis- sement type de protec- tion des talus	le km le km le km		
b) ligne à quadruple voie [mêmes distinctions que sous a)]	nombre d'aque- ducs	le km		
II - <u>clôtures</u>	longueur type hauteur	le m		
III- <u>Quais à voyageurs</u>	superficie hauteur revêtement	le m2		

QUESTIONNAIRE N° III

Ouvrages d'art

I Travaux Ouvrages	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de ré- placement	V Valeur de récu- pération
I - <u>Ouvrages d'art com- muns à plusieurs modes de transport</u>				
II - <u>Ponts mobiles</u>	nature, largeur, ouverture, carac- téristiques parti- culières			
III - <u>Autres ouvrages d'art</u>				
1) Destinés au franchis- sment d'autres modes de transport				
- ponts supérieurs				
- passages inférieurs				
2) Ne concernant que le chemin de fer				
- ponts supérieurs				
- ponceaux				
- tranchées couvertes				
- tunnels				
- passages inférieurs				
3) Murs de soutènement				
a) voie en déblai	nombre de m3	le m3		
b) voie en remblai	nombre de m3	le m3		
4) Ouvrages de protec- tion contre les ava- lanches, les chutes de pierres, etc.				

QUESTIONNAIRE N° IV

Passages à niveau

I Travaux Ouvrages	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
<u>PN non gardés sans bar- rières</u>				
y compris chaussée	nombre	le PN		
<u>PN gardés y compris maison de garde et chaussée</u>	nombre - longueur et type des bar- rières	le PN		
<u>Signalisation routière automatique des PN non gardés</u>		le PN		
<u>Annonces automatiques aux PN gardés</u>		le PN		
<u>Installations d'éclairage</u>				
<u>Gabarits de sécurité</u>				

QUESTIONNAIRE N° V

Superstructure

I Travaux Ouvrages	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
<u>I - Ballast, rails, tra-</u>				
<u>verses, petit maté-</u>				
<u>riel de la voie</u>				
a) sur voies principales	longueur, armement, nature et quantité de ballast (h sous traverses) sous couche, etc.	le km		
d) sur voies de triage	- d° -	le km		
<u>II - Appareils de voie</u>				
a) sur voies principales	nombre, branche- ments ou traver- sées, angles, type de rails	l'appareil		
b) sur voies de triage	- d° -	l'appareil		
<u>III - Bâtiments de service</u>				
Centres VB, magasins				

QUESTIONNAIRE N° VI

Signalisation

I Travaux Ouvrages	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
I - <u>Postes d'aiguillage enclenchés</u> (installations en ca- bine, y compris bâti- ments)				
- postes mécaniques de tous types	nombre de leviers	le levier		
- postes électroméca- niques et postes élec- triques à leviers in- dividuels (PELI - PCI)	nombre de leviers ou de boutons	le levier ou le bouton		
- postes électriques tout relais (PRS)	nombre d'itiné- raires	l'itiné- raire		
II - <u>Appareils dans la zone d'action des postes enclenchés</u>				
- signaux mécaniques	nombre d'unités	l'un		
- signaux lumineux	nombre d'unités	l'un		
- aiguilles manoeuvrées à distance	nombre d'unités	l'un		
- zones isolées et dis- positifs divers	nombre de circuits	le cir- cuit de voie		
III - <u>Postes de triage</u> (installations en ca- bine et en campagne y compris bâtiments)				
- postes à commandes in- dividuelles	nombre de leviers ou boutons	le levier ou le bouton		
- postes automatiques	nombre de voies	la voie		

QUESTIONNAIRE N° VI (suite)

Signalisation

I Travaux Ouvrages	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
IV - <u>Block automatique lu- mineux</u>				
- km de double voie en dehors de la traversée des gares	: nombre de km	: le km		
V - <u>Alimentation</u>				
- sous-stations signali- sation (sauf triage)	: nombre	: l'une		
- installations HT/BT en campagne (y compris câblerie)	: nombre de postes : HT/BT	: l'un		
VI - <u>Freins de voie</u>				

.../...

QUESTIONNAIRE N° VII

Télécommunications

I Ouvrages Travaux	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
<u>I - Installations de trans-</u>				
<u>mission</u>				
a) câblerie grande dis-	km	le km		
tance				
b) installations hautes	nombre d'appareils	unitaire		
fréquences				
c) câblerie locale				
- des gares	km	le km		
- des triages	km	le km		
d) centres d'amplification	% installé pour ré-	50 % de l'in-		
basses fréquences	gulation EX-MT-télé-	stallation		
	commande-alarme	de chaque		
	maintenance MT	unité		
<u>II - Equipement téléphonique</u>				
a) gares	nombre de gares	par gare, 50%		
		de l'instal-		
		lation		
b) pleine voie	nombre de postes	par poste		
c) PC exploitation	nombre de postes	par poste		
d) PC traction	nombre de postes	par poste		
e) triages	nombre de triages	90 % de l'in-		
		stallation		
		de chaque		
		triage		
<u>III - Sonorisation</u>				
a) triages	nombre de liaisons	par liaison		

QUESTIONNAIRE N° VII (suite)

Télécommunications

I Ouvrages Travaux	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
<u>IV - Télésimprimeurs</u>				
a) satellites télégra- phiques	nombre d'installa- tions	par instal- lation, 90 % de la valeur		
b) liaison téléharmoniques	nombre de liaisons	par liaison, 90 % de la valeur		
c) postes d'usagers	nombre de postes	par poste		
<u>V - Radio</u>				
a) gares	nombre de postes	par poste		
b) triages	nombre de postes	par poste		

QUESTIONNAIRE N° VIII

Installations d'éclairage pour les besoins de
l'infrastructure

I Ouvrages Travaux	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
I - <u>Eclairage des quais</u>				
a) câbles de distribution	km	le km		
b) candélabres	nombre	unitaire		
c) lanternes	nombre	unitaire		
II - <u>Eclairage des triages, débordés et tunnels</u>				
a) réseau de distribution basse tension	km de lignes et câ- bles - postes de transformation	le km unitaire		
b) pylones de 30 m	nombre	unitaire		
c) pylones de 20 m	nombre	unitaire		
d) projecteurs	nombre	unitaire		
e) câbles d'éclairage des tunnels	km	le km		
f) appareils d'éclairage des tunnels	nombre	unitaire		

QUESTIONNAIRE N° IX

Installations de traction électrique

I Ouvrages Travaux	II Consistance et caractéristiques des installations	III Prix unitaire	IV Valeur de rem- placement	V Valeur de récu- pération
I - <u>Lignes à haute tension d'alimentation des sous-stations</u>	caractéristiques par sous-station	par sous-station		
II - <u>Commande centralisée des sous-stations</u>		la commande centralisée		
III - <u>Sous-stations</u>	énumération et caractéristiques sommaires de chaque sous-station	chaque sous-station		
IV - <u>Postes de voie</u>	nombre	l'un		
V - <u>Caténaires et supports</u>	nombre de km	le km		

QUESTIONNAIRE N° X

Charges d'entretien

I Décomposition	II Entretien courant	III Dépenses de personnel			Total
		Rémunération directe	Charges de retraite 32 %	Autres charges patronales 39 %	
	F	F	F	F	F
Plateforme de la voie					
Superstructure					
Passages à niveau					
Ouvrages d'art					
Signalisation					
Télécommunications					
Eclairage					
Installations de trac- tion électrique					
Totaux					

.../...

QUESTIONNAIRE N° XI

Charges de fonctionnement - Frais généraux

I Décomposition	II Dépenses de personnel			Total	III Matières et prestations de tiers
	Rémunération directe	Charges de retraite 32 %	Autres charges patronales 39 %		
Fonctionnement de :					
- passages à niveau :					
a) gardés					
b) automatiques..					courant élec- trique
- signalisation ...					courant élec- trique
- télécommunica- tions.....					
- installations de traction élec- trique.....					
- éclairage					courant élec- trique
Frais généraux pro- prement dits :					
- services adminis- tratifs et tech- niques.....					
- frais d'études...					
- frais des services de contrôle et de réception.....					
- impôts fonciers et assimilés.....					
- bâtiments de ser- vice.....					
Dépenses diverses..					
Totaux.....					

ANNEXE IV. 10

RELEVÉ DES MINUTES-TRAINS POUR UNE JOURNÉE-TYPE
POUR LA RÉPARTITION DES COUTS DE CAPACITÉ DES
INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES DANS LE
SYSTÈME DU COUT TOTAL

Système du coût total - Chemin de fer

Répartition des coûts de capacité - Relevé des minutes-trains pour une journée par catégories de trains
Aohères - Mantes

Périodes	Voyageurs			Marchandises	Total
	Rapides et express	Omnibus	Total	R.A. et R.O.	
0 à 2 heures	20	40	60	318	378
2 à 4 heures	-	-	-	294	294
4 à 6 heures	-	142	142	342	484
6 à 8 heures	56	372	428	294	722
8 à 10 heures	182	197	379	164	543
10 à 12 heures	162	111	273	217	490
12 à 14 heures	69	162	231	243	474
14 à 16 heures	87	107	194	236	430
16 à 18 heures	123	215	338	266	604
18 à 20 heures	179	333	512	306	818
20 à 22 heures	86	213	299	386	685
22 à 24 heures	41	77	118	408	526
Total	1.005	1.969	2.974	3.474	6.448

Système du coût total - Chemin de fer

Répartition des coûts de capacité - Relevé des minutes-trains pour une journée par catégories de trains
Mantes - Sotteville

Périodes	Voyageurs			Marchandises	Total
	Rapides et express	Omnibus	Total	R.A. et R.O.	
0 à 2 heures	-	-	-	776	776
2 à 4 heures	-	-	-	500	500
4 à 6 heures	-	15	15	627	642
6 à 8 heures	165	281	446	232	678
8 à 10 heures	273	115	388	230	618
10 à 12 heures	317	44	361	338	699
12 à 14 heures	81	58	139	643	782
14 à 16 heures	243	75	318	556	874
16 à 18 heures	149	68	217	557	774
18 à 20 heures	307	216	523	238	761
20 à 22 heures	179	41	220	529	749
22 à 24 heures	50	32	82	618	700
Total	1.764	945	2.709	5.844	8.553

Système du coût total - Chemin de fer

Répartition des coûts de capacité - Relevé des minutes-trains pour une journée par catégories de trains
Sotteville - Le Havre

Périodes	Voyageurs			Marchandises	Total
	Rapides et express	Omnibus	Total	R.A. et R.O.	
0 à 2 heures	-	-	-	282	282
2 à 4 heures	-	-	-	642	642
4 à 6 heures	-	85	85	557	642
6 à 8 heures	75	527	602	343	945
8 à 10 heures	314	174	488	342	830
10 à 12 heures	363	163	526	482	1.008
12 à 14 heures	172	271	443	286	729
14 à 16 heures	137	76	213	73	286
16 à 18 heures	243	197	440	294	734
18 à 20 heures	386	522	908	254	1.162
20 à 22 heures	181	98	279	422	701
22 à 24 heures	20	84	104	436	540
Total	1.891	2.197	4.088	4.413	8.501

Système du coût total - Chemin de fer

Répartition des coûts de capacité - Relevé des minutes-trains pour une journée par catégories de trains
Elbeuf - Cissel

Périodes	Voyageurs			Marchandises	Total
	Rapides et express	Omnibus	Total	R.A. et R.O.	
0 à 2 heures	-	-	-	35	35
2 à 4 heures	-	-	-	22	22
4 à 6 heures	-	-	-	64	64
6 à 8 heures	7	56	63	11	74
8 à 10 heures	-	40	40	48	88
10 à 12 heures	8	16	24	17	41
12 à 14 heures	-	39	39	33	72
14 à 16 heures	9	7	16	9	25
16 à 18 heures	-	28	28	11	39
18 à 20 heures	6	63	69	9	78
20 à 22 heures	-	25	25	28	53
22 à 24 heures	-	20	20	5	25
Total	30	294	324	292	616

ANNEXE IV. 11

CHEMIN DE FER
EXEMPLE DE REPARTITION DES COUTS DE CAPACITE
DANS LE SYSTEME DU COUT TOTAL

Système du coût total - C h e m i n d e f e r

Répartition des coûts de capacité - Répartition d'un coût journalier de 1.000 francs
ACHERES - MANTES

N° de la période	Périodes par ordre croissant des minutes-trains voyageurs	Nombre de minutes-trains voyageurs	Coût par minute-train voyageurs	Nombre de minutes - trains		Répartition du coût sur la section			Total
				Trains de voyageurs		Trains de marchandises		Total	
				R.E.	Omnibus	R.E.	Omnibus		
1	2 à 4 heures	0	0	0	0	0	0	30,57	30,57
2	0 à 2 heures	60	0,114	20	40	2,27	4,55	33,02	39,84
3	22 à 24 heures	118	0,119	41	77	4,88	9,16	42,37	56,41
4	4 à 6 heures	142	0,122	0	142	0	17,37	35,51	52,88
5	14 à 16 heures	194	0,131	87	107	11,43	14,05	24,51	49,99
6	12 à 14 heures	231	0,139	69	162	9,58	22,49	25,65	57,72
7	10 à 12 heures	273	0,149	162	111	24,21	16,59	22,53	63,33
8	20 à 22 heures	299	0,158	86	213	13,60	33,69	40,08	87,37
9	16 à 18 heures	338	0,176	123	215	16,71	42,75	27,62	87,08
10	8 à 10 heures	379	0,202	182	197	36,74	39,77	17,03	93,54
11	6 à 8 heures	428	0,250	56	372	14,01	93,07	30,53	137,61
12	18 à 20 heures	512	0,416	179	333	73,43	138,45	31,78	243,66
						206,86	431,94	361,20	1.000,00

Système du coût total - C h e m i n d e f e r

Répartition des coûts de capacité - Répartition d'un coût journalier de 1.000 francs
MANTES - SOTTEVILLE

:N° de la :période:	: Périodes par ordre : croissant des : minutes - trains : voyageurs	: Nombre de : minutes- : trains : voyageurs	: Coût par : minute- : train : voyageurs	: Nombre de : minutes - trains				: Répartition du coût sur la section			
				: Trains de voyageurs				: Trains de : marchandises			: Total
				: R.E.	: Omnibus	: R.E.	: Omnibus	: R.A.et R.O.:			
: 1	: 0 à 2 heures	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0	: 64,00	: 64,00		
: 2	: 2 à 4 heures	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0	: 41,24	: 41,24		
: 3	: 4 à 6 heures	: 15	: 0,100	: 0	: 15	: 0	: 1,50	: 51,71	: 53,21		
: 4	: 22 à 24 heures	: 82	: 0,108	: 50	: 32	: 5,40	: 3,45	: 50,97	: 59,82		
: 5	: 12 à 14 heures	: 139	: 0,115	: 81	: 58	: 9,33	: 6,67	: 53,03	: 69,03		
: 6	: 16 à 18 heures	: 217	: 0,124	: 149	: 68	: 18,49	: 8,44	: 45,94	: 72,87		
: 7	: 20 à 22 heures	: 220	: 0,125	: 179	: 41	: 22,30	: 5,12	: 43,63	: 71,05		
: 8	: 14 à 16 heures	: 318	: 0,147	: 243	: 75	: 35,82	: 11,07	: 45,86	: 92,75		
: 9	: 10 à 12 heures	: 361	: 0,159	: 317	: 44	: 50,50	: 7,00	: 27,88	: 85,38		
: 10	: 8 à 10 heures	: 388	: 0,171	: 273	: 115	: 46,71	: 19,70	: 18,97	: 85,38		
: 11	: 6 à 8 heures	: 446	: 0,213	: 165	: 281	: 35,20	: 59,90	: 19,14	: 114,24		
: 12	: 18 à 20 heures	: 523	: 0,328	: 307	: 216	: 100,62	: 70,78	: 19,63	: 191,03		
						: 324,37	: 193,63	: 482,00	: 1.000,00		

Système du coût total - C h e m i n d e f e r

Répartition des coûts de capacité - Répartition d'un coût journalier de 1.000 francs
SOTTEVILLE - LE HAVRE

N° de la période	Périodes par ordre croissant des minutes-trains voyageurs	Nombre de minutes-trains voyageurs	Coût par minute-train voyageurs	Nombre de minutes-trains				Répartition du coût sur la section		
				Trains de voyageurs				Trains de marchandises R.A. et R.O.		
				R.E.	Omnibus	R.E.	Omnibus	R.A. et R.O.	Total	
1	0 à 2 heures	0	0	0	0	0	0	0	18,38	18,48
2	2 à 4 heures	0	0	0	0	0	0	0	41,15	41,15
3	4 à 6 heures	85	0,078	0	85	0	6,65	36,70	43,35	
4	22 à 24 heures	104	0,080	20	84	1,59	6,72	28,68	36,99	
5	14 à 16 heures	213	0,089	137	76	12,24	6,76	4,81	23,81	
6	20 à 22 heures	279	0,095	181	98	17,09	9,31	27,77	54,17	
7	16 à 18 heures	440	0,107	243	197	26,27	21,08	19,28	66,63	
8	12 à 14 heures	443	0,108	172	271	18,58	29,27	18,77	66,62	
9	8 à 10 heures	488	0,116	314	174	36,47	20,18	22,52	79,17	
10	10 à 12 heures	526	0,126	363	163	46,01	20,54	31,68	98,23	
11	6 à 8 heures	602	0,160	75	527	11,98	84,32	22,49	118,79	
12	18 à 20 heures	908	0,370	386	522	142,80	193,14	16,67	352,61	
						313,03	397,97	289,00	1.000,00	

Système du coût total - C h e m i n d e f e r

Répartition des coûts de capacité - Répartition d'un coût journalier de 1.000 francs
ELBEUF - OISSEL

N° de la période	Périodes par ordre croissant des minutes-trains voyageurs	Nombre de minutes-trains voyageurs	Coût par minute-train voyageurs	Nombre de minutes-trains				Répartition du coût sur la section			Total
				Trains de voyageurs		Trains de marchandises		R.A. et R.O.			
				R.E.	Omnibus	R.E.	Omnibus				
1	0 à 2 heures	0	0	0	0	0	0	31,22		31,22	
2	2 à 4 heures	0	0	0	0	0	0	19,63		19,63	
3	4 à 6 heures	0	0	0	0	0	0	57,09		57,09	
4	14 à 16 heures	16	1,191	9	7	10,72	8,33	8,03		27,08	
5	22 à 24 heures	20	1,221	0	20	0	24,41	4,46		28,87	
6	10 à 12 heures	24	1,273	8	16	10,18	20,36	15,17		45,71	
7	20 à 22 heures	25	1,294	0	25	0	32,32	24,98		57,30	
8	16 à 18 heures	28	1,385	0	28	0	38,75	9,81		48,56	
9	12 à 14 heures	39	1,750	0	39	0	68,23	29,44		97,67	
10	8 à 10 heures	40	1,796	0	40	0	71,80	42,82		114,62	
11	6 à 8 heures	63	3,096	7	56	21,67	173,38	9,82		204,87	
12	18 à 20 heures	69	3,759	6	63	22,55	236,80	8,03		267,38	
						65,12	674,38	260,50		1.000,00	

ANNEXE IV. 12

QUESTIONNAIRE RELATIF AU CALCUL DES COUTS
DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES SELON LE SYSTEME DU
COUT TOTAL

QUESTIONNAIRE N° I

Terrains

I Terrains	II Données physiques	III Prix unitaire
- En rase campagne Superficie en m ²	m ²	F/m ²
- In agglomérations < de 20.000 habitants Superficie en m ² > de 20.000 habitants longueur largeur	m ² m m	F/m ² F/m ²

QUESTIONNAIRE N° II

Terrassements pour la plateforme des chaussées et
pour les ouvrages d'art.

I Travaux	II Données physiques	III Prix unitaire
Dégagement (déboisements - démolitions, en- lèvements de terre végétale)	m ²	F/m ²
Déblais - rem- blais		
Ouvrages excep- tionnels de sou- tènement Consolidation		
Longueur	m	F/m

.../...

QUESTIONNAIRE N° III

Chaussées et ouvrages accessoires

I Travaux	II Données physiques	III Prix unitaire
1. Chaussées		
supportant un trafic > à 2000 véhicules/jour	m2	F/m2
supportant un trafic < à 2000 véhicules/jour	m2	F/m2
2. Ouvrages accessoires		
Chaussées sup- portant un tra- fic > à 2000 véhicules/jour	km	F/km
Chaussées sup- portant un tra- fic < à 2000 véhicules/jour	km	F/km

.../...

QUESTIONNAIRE N° IV

- Ouvrages d'art -

Travaux	Nombre	Prix unitaire
Ponts d'une portée		
inférieure à 10 m		F
comprise entre 10 et 35 m		F
supérieure à 35 m		F

.../...

QUESTIONNAIRE N° V

Signalisation - Télécommunications

Eclairage

Travaux	Données physiques	Prix unitaire
Signalisation et télécommunications		
- sections supportant un trafic < 2000 v/jour	km	F/km
- sections supportant un trafic > 2000 v/jour	km	F/km
Eclairage		
- sections supportant un trafic < 2000 v/jour	km	F/km
- sections supportant un trafic > 2000 v/jour	km	F/km

.../...

QUESTIONNAIRE N° VI

Dépenses d'entretien

Décomposition	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Chaussées						
- entretien courant						
- gros entretien						
- autres dépenses						
Signalisation verticale et horizontale						
Eclairage						
Accotements et terre-pleins						
Service d'hiver						
Intempéries exceptionnelles						

.../...

QUESTIONNAIRE N° VII

Dépenses de fonctionnement - Frais généraux
(1960 à 1965)

Décomposition	Dépenses de personnel				Total	Matières et prestations de tiers
	Effectifs	Rémunération	Charges sociales			
Fonctionnement de la signalisation						
Fonctionnement de l'éclairage						
Dépenses de police						
Services administratifs et techniques						
Frais des services de contrôle et de réception						
Frais d'études						
Charges de retraite						
Pensions						
Logements de fonction						
Bâtiments du service de la voirie						
Dépenses diverses.						

...

ANNEXE IV. 13

COEFFICIENTS D'EQUIVALENCE POUR LA REPARTITION
DES COUTS DE CAPACITE DES INFRASTRUCTURES
ROUTIERES DANS LE SYSTEME DU COUT TOTAL

Système du coût total - R o u t e

Coefficients d'équivalence - Véhicules lourds/Véhicules légers

Routes à 2 voies - Proportion de poids lourds et coefficients d'équivalence

Trafic total	PL		C		PL		C		PL		C	
	T				T				T			
100	0,20	2,73	0,33	2,64	0,42	2,57	0,50	2,51	0,55	2,47		
	0,60	2,43	0,63	2,40	0,66	2,38	0,69	2,36	0,71	2,34		
200	0,11	2,79	0,20	2,73	0,27	2,69	0,33	2,65	0,38	2,62		
	0,42	2,59	0,46	2,56	0,50	2,54	0,52	2,53	0,55	2,51		
300	0,07	2,81	0,14	2,77	0,20	2,74	0,25	2,71	0,29	2,69		
	0,33	2,66	0,36	2,65	0,40	2,63	0,42	2,61	0,45	2,60		
400	0,05	2,82	0,11	2,80	0,15	2,77	0,20	2,75	0,23	2,73		
	0,27	2,71	0,30	2,69	0,33	2,68	0,36	2,67	0,38	2,66		
500	0,04	2,83	0,09	2,81	0,13	2,79	0,16	2,77	0,20	2,75		
	0,23	2,74	0,25	2,73	0,28	2,72	0,31	2,71	0,33	2,70		
600	0,04	2,84	0,07	2,82	0,11	2,80	0,14	2,79	0,17	2,77		
	0,20	2,76	0,22	2,75	0,25	2,74	0,27	2,73	0,29	2,73		
700	0,03	2,84	0,06	2,82	0,09	2,81	0,12	2,80	0,15	2,79		
	0,17	2,78	0,20	2,77	0,22	2,76	0,24	2,75	0,26	2,75		
800	0,03	2,84	0,05	2,83	0,08	2,82	0,11	2,81	0,13	2,80		
	0,15	2,79	0,17	2,78	0,20	2,77	0,21	2,77	0,23	2,76		
900	0,02	2,84	0,05	2,83	0,07	2,82	0,10	2,81	0,12	2,81		
	0,14	2,80	0,16	2,79	0,18	2,79	0,20	2,78	0,21	2,78		
1000	0,02	2,85	0,04	2,84	0,06	2,83	0,09	2,82	0,11	2,81		
	0,13	2,81	0,14	2,80	0,16	2,80	0,18	2,79	0,20	2,79		

$$\frac{PL}{T} = \frac{\text{Poids lourds}}{\text{Trafic total}}$$

C = coefficients d'équivalence.

Système du coût total - R o u t e											
Coefficients d'équivalence - Véhicules lourds/Véhicules légers											
Trafic total	Routes à 3 voies - Proportion de poids lourds et coefficients d'équivalence										
	$\frac{PL}{T}$	C	$\frac{PL}{T}$	C	$\frac{PL}{T}$	C	$\frac{PL}{T}$	C	$\frac{PL}{T}$	C	
100	0,20	1,12	0,33	1,26	0,42	1,37	0,50	1,47	0,55	1,55	
	0,60	1,62	0,63	1,68	0,66	1,73	0,69	1,78	0,71	1,82	
200	0,11	1,04	0,20	1,12	0,27	1,19	0,33	1,25	0,38	1,31	
	0,42	1,36	0,46	1,41	0,50	1,46	0,52	1,50	0,55	1,54	
300	0,07	1,01	0,14	1,06	0,20	1,11	0,25	1,16	0,29	1,20	
	0,33	1,25	0,36	1,28	0,40	1,32	0,42	1,35	0,45	1,39	
400	0,05	1,00	0,11	1,04	0,15	1,07	0,20	1,11	0,23	1,15	
	0,27	1,18	0,30	1,21	0,33	1,24	0,36	1,27	0,38	1,30	
500	0,04	0,99	0,09	1,02	0,13	1,05	0,16	1,08	0,20	1,11	
	0,23	1,13	0,25	1,16	0,28	1,19	0,31	1,21	0,33	1,23	
600	0,04	0,98	0,07	1,01	0,11	1,03	0,14	1,06	0,17	1,08	
	0,20	1,10	0,22	1,13	0,25	1,15	0,27	1,17	0,29	1,19	
700	0,03	0,98	0,06	1,00	0,09	1,02	0,12	1,04	0,15	1,06	
	0,17	1,08	0,20	1,10	0,22	1,12	0,24	1,14	0,26	1,15	
800	0,03	0,97	0,05	0,99	0,08	1,01	0,11	1,03	0,13	1,05	
	0,15	1,06	0,17	1,08	0,20	1,10	0,21	1,11	0,23	1,13	
900	0,02	0,97	0,05	0,99	0,07	1,00	0,10	1,02	0,12	1,03	
	0,14	1,05	0,16	1,06	0,18	1,08	0,20	1,09	0,21	1,11	
1000	0,02	0,97	0,04	0,98	0,06	1,00	0,09	1,01	0,11	1,02	
	0,13	1,04	0,14	1,05	0,16	1,06	0,18	1,08	0,20	1,09	

ANNEXE IV. 14

QUESTIONNAIRE RELATIF AU CALCUL DES COUTS
DES INFRASTRUCTURES DE NAVIGATION INTERIEURE DANS
LE SYSTEME DU COUT TOTAL

.../...

QUESTIONNAIRE N° II

=====

Chenal - Défenses des rives

Travaux -Ouvrages	Consistance, caractéristiques des installations	Prix unitaire	Valeur de remplacement	Valeur de récupération	Durée de vie
1	2	3	4	5	6
a) Travaux et ouvrages nécessités par la création ou l'utilisation du chenal par la navigation					
- m3 de déblais ou remblais	m3	F,	F		
b) Ouvrages nécessaires pour la construction ou l'utilisation du chenal et la défense des rives					
- m3 d'enrochements	m3	F,	F		
- revêtements des rives en m2 ou m3	m	F,	F		
- étanchement des canaux	m2	F,	F		
- chemins de service, de halage	km	F,	F		
- défenses ou palplanches	m2	F,	F		
c) Amarrage, guidage, éclairage					
- échelles fluviales, signaux (nombre de km aménagés)	km	F,	F		
d) Installations fixes assurant le fonctionnement	m2	F,	F		
e) Installations téléphoniques, radio, radar	km	F,	F		

QUESTIONNAIRE N° III

Ecluses

Ecluses	Renseignements demandés	Durée de vie
Ecluse de		
PK		
Année de mise en service		
longueur		
largeur		
hauteur de chute		
Système de fondation		
Portes et système d'ouverture		
Système de pompage		
Valeur de remplacement	F	
Evaluation forfaitaire des dispositifs d'amarrage, de guidage et d'éclairage	F	
Bassin d'épargne		
Bassin d'attente		
Evaluation forfaitaire des aménagements pour ces deux catégories d'installations	F	
Autres installations assurant le fonctionnement		
Evaluation forfaitaire	F	

QUESTIONNAIRE N° IV

=====

Barrages

Barrage	Renseignements demandés	Durée de vie
Barrage de		
PK		
Année de mise en service		
Description sommaire du barrage proprement dit		
Evaluation de la dépense au moment de la construction Valeur de remplacement	F	
Installations fixes assurant le fonctionnement du barrage		
Installations d'éclairage Valeur forfaitaire de remplacement	F	
Valeur forfaitaire de récupération	F	

.../...

ANNEXE IV. 15

COEFFICIENTS D'EQUIVALENCE POUR LA REPARTITION
DES COUTS DE CAPACITE DES INFRASTRUCTURES DE
NAVIGATION INTERIEURE DANS LE SYSTEME DU
COUT TOTAL

Système du coût total - Voie navigable

Répartition des coûts de capacité
Détermination des coefficients d'équivalence relatifs à l'occupation de la capacité
Exemple de calcul appliqué au groupe d'écluses d'AMFREVILLE

Catégories de bateaux	α_i Composition moyenne	S_i Surface du bateau	$\alpha_i S_i$ Surface équivalente	t_2 Temps moyen d'inversion	$t_2^i = \frac{\alpha_i S_i}{\sum \alpha_i S_i} t_2$ Temps d'occupation de l'écluse	$\frac{t_2^i}{\alpha_i}$	t_1^i Temps de manoeuvre	$t_1^i + \frac{t_2^i}{\alpha_i}$ Temps équivalent	C_i Coefficient d'équivalence
Ecluse 140 m x 12 m									
Convois poussés	0,12	1.200	144	10,5	1,93	15,75	4	19,75	2,56
Automoteurs de Seine	0,45	280	126	10,5	1,72	3,73	4	7,73	1
Caboteurs	0,18	420	75,6	10,5	0,97	5,27	4	9,27	1,20
Automoteurs de canal	2,26	192,5	435,05	10,5	5,88	2,55	4	6,55	0,85
Ecluse 220 m x 17 m									
Convois poussés	0,37	1.200	444	13,0	4,59	12,29	4	16,29	2,11
Automoteurs de Seine	0,56	280	156,8	13,0	1,59	2,78	3,5	6,28	0,81
Caboteurs	0,13	420	54,6	13,0	0,53	4,00	3,5	7,50	0,97
Automoteurs de canal	3,17	192,5	610,23	13,0	6,29	1,96	3	4,96	0,64

Nota α_i : composition moyenne de l'écluse ;

$\frac{t_2^i}{\alpha_i}$: occupation relative du temps d'inversion pour un bateau de la catégorie i ;

t_1^i : temps de manoeuvre total, entrée et sortie ;

Les coefficients d'équivalence ont été calculés, par groupe d'écluses, par référence à l'automoteur de Seine.

Système du coût total - V o i e n a v i g a b l e

Répartition des coûts de capacité - Coefficients d'équivalence par écluses

Groupes d'écluses	Andrésey - Carrières			Méricourt			Notre-Dame-de-la-Garenne			Amfreville		Tancarville
Types d'écluses	160 x 12	41,6 x 8,2	141 x 12	141 x 12	160 x 12	160 x 17	41,6 x 8,2	141 x 12	160 x 12	141 x 12	220 x 17	220 x 17
<u>Catégories de bateaux</u>												
Convois poussés	2,58	-	2,75	2,24	2,50	2,17	-	3,03	3,79	2,56	2,11	2,59
Automoteurs de Seine	1,00	1,10	1,27	1,00	0,98	0,90	1,00	1,30	1,36	1,00	0,81	1,00
Caboteurs	1,15	0,68	1,43	1,16	1,17	1,07	0,62	1,50	1,60	1,20	0,97	1,19
Automoteurs de canal	0,98	0,88	0,81	0,88	0,87	0,71	0,79	0,32	1,15	0,85	0,64	0,80