

S A 1

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE SEINE



juillet 1968

IA 3134(1-6)



0000000072144

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLE

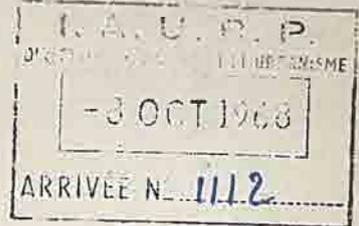
DOCUMENTS

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT

PARIS, le 15 JUILLET 1968

Service des Affaires Économiques
et Internationales

S.A.E.I. N°367



Monsieur,

Je vous prie de recevoir ci-joint le Rapport "ÉTUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE-SEINE".

Cette étude porte sur les possibilités d'utilisation des modes nouveaux de transport dans la Région de la Basse-Seine. On y a, en outre, déduit rapidement quelques conséquences sur l'urbanisation.

Essentiellement méthodologique, cette étude est à l'intersection de deux courants de travaux :

- d'une part, des travaux de réflexion du Groupe Prospective Urbaine, présidé par Monsieur ROTTIER (Commission de l'Équipement Urbain)
- d'autre part, des travaux effectués par l'OREAM Basse-Seine dirigée par Monsieur LACAZE (ICPC).

L'étude comprend cinq parties :

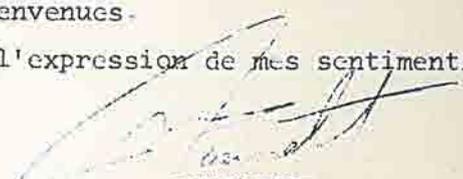
- 1ère partie - Hypothèse d'aménagement de la Basse-Seine
- 2ème partie - Schéma de transport
Le programme de transport des voyageurs en 1985
- 3ème partie - Schéma de transport
Analyse systématique : les modes réels de transport
- 4ème partie - Schéma de transport
Analyse paramétrique : les modes abstraits de transport
- 5ème partie - Schéma de transport
Elaboration du Modèle

Ce travail est l'oeuvre d'une équipe du SAEI, comprenant notamment

| | |
|------------|--------------|
| MM. CHOBAX | • Sociologue |
| GASTAUT | • I.P.C. |
| LEGAT | • I.T.P.E. |
| PAYEUR | • Architecte |

Il est bien entendu que toutes remarques et critiques que vous voudrez bien me faire parvenir seront les bienvenues.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes sentiments distingués.


ROUSSELOT

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT

ET DU LOGEMENT

JUILLET 1968

Service
des Affaires Economiques et Internationales

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE

Présentation Générale

1/1/68 (6)
120 000

Le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU) est une des pierres de touche de toute action, dans nos cités et aires métropolitaines. La généralisation de ces études a entraîné et entraîne un foisonnement bienfaisant d'idées nouvelles : une méthodologie est en train de naître.

Les travaux des responsables locaux, la première synthèse du STCAU ("Projet d'instructions sur l'élaboration des Schémas directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme") indiquent à la fois l'ampleur des problèmes à résoudre et la richesse des premières solutions apportées.

Les travaux préparatoires au VIème Plan de l'Équipement Urbain ("Groupe prospective urbaine") devaient tenir compte de cette évolution fondamentale. Le rapport ici présenté est en premier lieu une réponse à une question précise posée par le "groupe prospective urbaine" : est-ce que les techniques nouvelles de transports (nouvelles formes d'exploitation, nouveaux modes) peuvent aider à mieux réaliser les intentions des planificateurs urbains et si oui comment doit-on en tenir compte lors de l'élaboration d'un SDAU ? Pour tenter d'apporter une réponse, il a paru nécessaire de choisir un cas concret, la Basse Vallée de la Seine.

Mais les réflexions sur ce problème ont mis en évidence la nécessité d'une définition précise des relations entre les hypothèses d'urbanisation et celles de transports lors de l'élaboration même du programme et du schéma. Ainsi, ce rapport débouche-t-il sur des réflexions plus générales que les conclusions ici présentées dans le cas de la Basse-Seine.

.../...

La réalisation de l'étude devrait comprendre deux phases principales. Dans la première (terminée au 15 Avril 1968), concentrée sur le cas de la Basse-Seine, on a essayé de dessiner les schémas de transport prospectifs correspondant à une hypothèse d'aménagement donnée. Dans la seconde, il est prévu d'examiner les interrelations entre le schéma de transports trouvé et le schéma d'aménagement initial dans la Basse-Seine et on tentera d'en déduire une méthodologie plus générale.

1. - PREMIERE PHASE DE L'ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE.

Quels sont les schémas de transports prospectifs qui correspondent à une hypothèse donnée d'aménagement ?

La Mission d'Etude de la Basse-Seine était en train d'élaborer différentes hypothèses d'aménagement lorsque cette étude a débuté. Une de ces hypothèses a été choisie comme cadre : c'est à elle que nous ferons référence comme schéma d'aménagement. Ce schéma et le programme auquel il répond comprennent entre autres des objectifs ("La Basse-Seine est complémentaire mais distincte de la région parisienne" etc...) et les implantations des hommes et des activités en 1985 et 2000.

A partir de la connaissance de ces éléments, on a cherché les schémas de transports prospectifs qui correspondent à ces hypothèses données. Toutefois afin de simplifier l'étude, on s'est limité parmi toutes les fonctions du transport aux transports de voyageurs entre 20 et 200 kilomètres environ, intérieurs à la Basse Vallée de la Seine, de la région parisienne au Havre et à Caen.

Cette limitation conduit à prendre en compte comme exogènes les "autres" transports. De plus elle limite l'étude à une certaine "échelle" (celle de l'aménagement). Une étape ultérieure pourrait consister à se libérer progressivement de cette hypothèse simplificatrice : dans le cas de la Basse-Seine une étude complète du schéma de transport devrait comprendre les éléments suivants :

.../...

.../...

Transports des idéesTransports par personnes

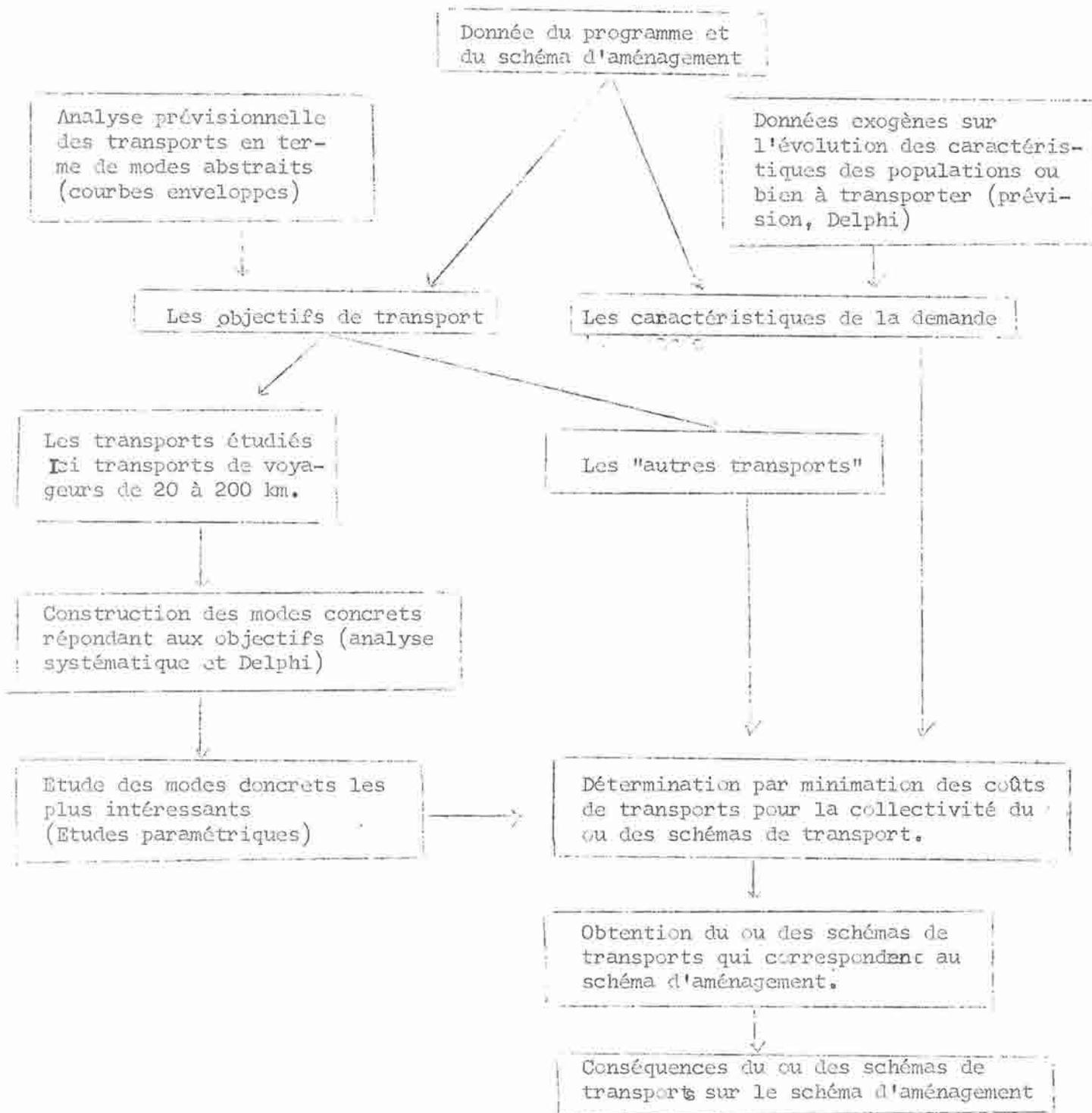
- Transports hectométriques (0,2 à 2 km) dans les centres urbains.
- Transports kilométriques (2 à 20 km), soit dans les agglomérations, soit hors des agglomérations.
- Transports régionaux (20 à 200 km)
- Transports interrégionaux (200 à 2000 km)
- Transports intercontinentaux (> 2000 km).

Transports des marchandises.

- Transports massifs
- Transports par charges complètes
- Transports de détail
- Transports de desserte en milieu urbain.

Pour cette fonction des transports, on a étudié les schémas de transports en 1985. Cette année a été choisie - en plus du fait qu'elle est particulièrement étudiée dans le cadre du plan - parce qu'elle est encore assez proche pour permettre une analyse technologique et

.../...



déjà assez éloignée pour ouvrir le champ des possibles.

En fait, il s'agit d'une année 1985 fictive : c'est plutôt une année moyenne de la décennie 1980 - 1990 intermédiaire entre la situation actuelle et une prospective à très long terme pour 2000 ou au-delà.

L'étude ici présentée est une étude prospective de l'horizon 1985 : il ne s'agit en aucun cas de définir la programmation précise des transports mais de dessiner une année cible cohérente avec le schéma d'aménagement. Pratiquement cette phase de l'étude comporte deux parties qui procèdent d'un esprit différent : d'une part une analyse prospective de l'offre et de la demande, d'autre part un modèle de cohérence qui permet de tester l'adéquation de l'offre et de la demande.

a - L'analyse prospective.

Cette partie est essentielle pour l'étude car c'est-elle qui apporte le plus d'éléments nouveaux.

i - La compréhension du programme et du schéma d'aménagement permettent de dégager les objectifs généraux des planificateurs et plus généralement de préciser tous les éléments qui peuvent être nécessaires pour construire les schémas de transports (fascicule I).

ii - C'est de cette compréhension et d'une analyse générale de l'évolution des transports que l'on déduit les objectifs de transport où en terme d'urbanisme, le programme. Celui-ci comporte pour 1985 et si possible 2000 :

- les objectifs généraux des planificateurs qui permettent de définir les caractéristiques générales des réseaux (réseau "virtuel" et réseau "enveloppe").
- Les ordres de grandeur des flux de transport à assurer (quel que soit le mode utilisé) dans la région urbaine.
- Les ordres de grandeur des vitesses à atteindre par les modes (analyse dite des "modes abstraits" par la méthode des "courbes enveloppes").

Pour les transports non particulièrement étudiés dans cet essai, leur analyse s'arrête là ; par contre, ce programme sert de point de départ à une analyse fouillée des transports de voyageurs entre 20 et 200 km dans la Basse Vallée de la Seine (fascicule II).

iii - Pour satisfaire ce programme de transport exprimé en termes d'objectifs "abstraites" (transporter environ 5000 p/j sur 100 km en un temps total de porte à porte voisin de 1 h avec éventuellement un arrêt intermédiaire, etc...), l'analyse de l'offre doit déterminer les moyens les mieux adaptés en 1985 - et l'évolution 2000.

En un premier temps une "analyse systématique" ou "analyse morphologique" décomposant un système de transports en modes puis sous-systèmes et technologies élémentaires permet de construire tous les éléments simples possibles et d'imaginer leurs combinaisons ; cette analyse conduit à plusieurs millions de modes de transports. Toutefois, il est possible d'éliminer pour 1985 soit certaines technologies élémentaires, soit certaines combinaisons incohérentes ou improbables. Pour ce faire, on emploie soit les raisonnements directs soit la technique "Dephi" (consensus d'experts par questionnaires itératifs avec échange croissant d'information).

Pour les transports étudiés dans le cadre de la Basse-Seine, cette analyse a conduit à retenir les transports suivants (fascicule III).

TECHNIQUE

MODE

| | |
|--|--|
| <u>Fer</u> (transport guidé) (acier sur acier) sur infrastructure ancienne, améliorée ou nouvelle | - Train "classique" (électrique ou diésel) - long ou moyen - "Turbotrain" court ou moyen |
| <u>Coussin d'air</u> (transport) (guidé sur) (coussin) (d'air) | - "Aérotrain" court ou moyen avec moteur à induction linéaire ou moins pour pénétration urbaine. |
| <u>Route</u> (transport non guidé) | - Voitures particulières - Autocars court ou moyen |
| <u>Mer</u> | - Navires à coussin d'air |
| <u>Air</u> | - VTOL (avion à décollage vertical) - STOL (avion à décollage court) |

iv - Des études paramétriques sont alors conduites pour ces modes et ces techniques (fascicules IV). Elles conduisent à mieux cerner leur utilisation dans le cadre de la Basse-Seine et à définir leurs coûts et leurs caractéristiques les plus probables en 1985.

v - L'analyse de la demande peut-être conduite à partir de modèles différents. Ainsi les études de la demande 1985 des "Transports continentaux de voyageurs" pour le Comité Directeur des Etudes transports 1985 utilisent le modèle mis au point par le CERAU

dans le cadre de l'"étude pilote". Pour cette étude, nous avons préféré pour des raisons d'ordre pratique utiliser la méthode plus classique qui sépare génération du trafic tout mode et choix du mode. Cela a conduit à mettre au point des formules de génération et à réaliser une analyse de la substitution fondée sur la distribution des "valeurs du temps" parmi les voyageurs (fascicule V).

La projection de lois de demande - quel que soit le modèle utilisé - nécessite de projeter des paramètres prévisibles par les méthodes classiques (démographie etc...) et d'autres pour lesquels ces méthodes sont inapplicables (goût pour le voyage, etc...) Pour ces dernières, on peut alors employer la technique Delphi.

b - La synthèse économique (fascicule V)

Le modèle de synthèse combine tous ces éléments - sans rien y apporter de nouveau - afin de définir les schémas de transports cohérents et "optimaux" selon la règle du minimum de coût généralisé pour la collectivité.

Ce modèle de synthèse est établi dans le cadre des hypothèses suivantes :

- il est établi uniquement pour les transports de voyageurs entre 20 et 200 km,
- il ne remet pas en cause les implantations des hommes et des activités en fonction des transports,
- il distingue génération et choix du mode,

.../...

- il est atemporel,
- il n'explore pas tous les réseaux possibles, mais un sous-ensemble : les réseaux "enveloppes".

Cette synthèse conduit aux principaux résultats suivants pour ces transports 1985 dans la Basse-Vallée de la Seine :

- Les transports par voiture particulière sur routes et autoroutes conservent un très grand rôle pour les transports et distance inférieure à 50 km pour affaires et à 100 km pour les motifs personnels (1). Comme de plus, on peut raisonnablement penser que les transports inférieurs à 20 km en zone rural ou faiblement urbanisée se feront encore par la route en 1985, un réseau routier et autoroutier doit rester l'armature des transports de la Basse-Seine. Toutefois ce réseau servira essentiellement à courte distance (moins de 50 km). Ce fait doit être pris en compte très soigneusement pour le tracé des réseaux.

- Les transports par train électrique sur Paris - Rouen - Le Havre et par autobus sur les autoroutes et routes conserveront un certain rôle pour les voyageurs ayant une faible valeur du temps. Le train classique ne subsisterait qu'entre Paris - Rouen - Le Havre.

.../...

(1) Une analyse plus fine montrerait certainement que la route est appelée à conserver les trafics ayant pour motif les déplacements familiaux.

- Les transports rapides de voyageurs sont appelés à un avenir important sur les grands axes Paris - Rouen - Le Havre, Paris - Evreux - Caen et le Havre - Caen. Ils s'adressent aux voyageurs ayant une valeur du temps supérieure à 15 F/h environ et se développeront notablement. Les techniques les plus aptes à satisfaire cette demande sont :

- . sur l'axe Paris - Caen, essentiellement le "turbotrain" sur l'infrastructure actuelle et éventuellement, mais pour une faible part des trafics, le VTOL (Paris - Caen), et une antenne d'"Aérotrain" Pont-Audemer - Caen.
- . sur le Havre - Caen, le "Naviplane" qui paraît avoir là un très probable débouché.
- . sur Paris - Rouen - Le Havre, une ligne d'"Aérotrain", Paris - Evreux - Rouen - Pont-Audemer - Le Havre.

- Le point le plus délicat des résultats de cette étude est le problème des transports rapides de voyageurs sur Paris - Rouen - Le Havre. Si l'on peut penser qu'une infrastructure nouvelle, telle l'"Aérotrain" est intéressante face au "Turbotrain", cette conclusion doit être nuancée par les remarques suivantes :

- . la solution trouvée pourrait être modifiée d'une manière importante par tout changement des hypothèses du fait de la forte pente des courbes de valeur du temps et des coûts de l'"Aérotrain".

Le succès de l'"aérotrain" repose sur plusieurs paris : l'absence de bruit en milieu urbain, des coûts conformes aux hypothèses prises, une restructuration des centres d'affaires en fonction de ce nouveau mode de transport, un taux d'actualisation à long terme voisin de 7 %.

Toutefois l'intérêt de l'étude est de montrer qu'une ligne d'"aérotrain" est concevable - sans préciser encore sa date éventuelle de mise en oeuvre - mais repose sur un pari dont les éléments peuvent maintenant être précisés.

En conclusion les transports rapides de voyageurs ont un large avenir dans la Basse-Seine. Toutefois cette étude met en évidence :

- la difficulté d'indiquer la part respective des différents modes et à fortiori des différentes techniques en 1985.
- la nécessité de poursuivre les études et recherches sur les composants des différentes solutions techniques que sont :
 - l'avion à décollage vertical (30 c/pkm ; 500 km/h)
 - les transports terrestres à infrastructures nouvelles du type "Aérotrain" (17 c/pkm ; 300 km/h)
 - les transports terrestres sans infrastructures nouvelles du type "Turbotrain" (9 c/pkm ; 150 km/h)
- les choix en matière de recherche technologique sur les transports ne peuvent être uniquement précisés par une telle étude ; des études de programmation de la recherche sont nécessaires.

.../...

.../...

c - Les conséquences (fascicule VI)

Afin de répondre complètement à la question initiale posée par le groupe "Prospective Urbaine" du Plan, il est nécessaire d'examiner et les effets en retour du schéma de transports sur le schéma d'aménagement et d'être conduit ainsi à un tout cohérent.

Pour ce faire une analyse bibliographique importante est en cours sur les méthodes d'approche de ce problème. De plus, il est envisagé de tester le schéma de transport auprès des personnes appartenant à des "groupes-leaders" afin de mettre en évidence ces interrelations, au moins qualitativement. Enfin des réflexions directes sont entreprises.

D'ores et déjà il semble possible de préciser certaines conséquences en aménagement du schéma de transports.

En premier lieu, pour ce type de transport, la Basse-Seine possède deux axes principaux Paris - Rouen - Le Havre et Paris - Evreux - Caen et deux transversales apparaissent : l'une au niveau de l'estuaire, l'autre entre Rouen et Evreux.

Cette constatation n'est pas contraire aux objectifs principaux du schéma d'aménagement (Rouen - Capitale régionale, la Basse-Seine complémentaire mais distincte de la région parisienne) mais elle conduit à les compléter de deux manières : d'une part Caen - bien que non dans la zone d'aménagement - jouera un grand rôle dans la Basse Vallée de la Seine et d'autre part Evreux semble appeler à un

.../...

.../...

développement très important du fait des facilités de communications avec Paris, Rouen et Caen.

En second lieu, l'apparition très probable de transports rapides de voyageurs ("Turbotrain", "Aérotrain", "Naviplane", "VTOL") risque d'entraîner une forte concentration du tertiaire supérieure. En effet, la rentabilité économique d'un tel transport - qui est souhaité par les voyageurs - ne peut être assurée que si un débit important les emprunte du fait des investissements nouveaux et des fréquences nécessaires à une bonne qualité de service. De plus la rentabilité de tels modes est liée à un nombre faible de points d'arrêts (de 1 à 4 au maximum sur 200 km) et à une distance interarrêt assez élevée (supérieure à 30 ou 40 kilomètres environ).

L'introduction de transports rapides de voyageurs entrainera donc une concentration des activités tertiaires et tertiaires supérieures dans les villes choisies comme arrêts. De plus, à l'échelle de ces villes l'urbanisme sera influencé par la localisation de ce point d'arrêt.

Si l'on admet que ces activités intéressées par les transports rapides sont les activités motrices des centres urbains, on est conduit à penser que les nouveaux modes de transports amèneront une concentration urbaine autour de quelques pôles importants (Rouen, Evreux, Caen et à un moindre degré Le Havre pour la Basse-Seine).

.../...

En troisième lieu un schéma de synthèse devrait être établi tenant compte à la fois des intentions des planificateurs (programme et non schéma d'aménagement) et des possibilités prospectives des transports.

II. - DEUXIEME ETAPE DE L'ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE

Comment concevoir une méthodologie intégrant mieux les possibilités du transport dans un SDAU ?

Vers un essai de méthodologie

Les travaux entrepris dans le cadre de la première partie de cette étude et de nombreux exemples français ou étrangers semblent indiquer une voie nouvelle dans la méthodologie des études d'aménagement et d'urbanisme.

Pour améliorer les études traditionnelles d'urbanisme, une première génération de modèles d'aménagement et d'urbanisme est apparue, fondée essentiellement sur l'économie des transports. Afin de dépasser le cadre trop étroit de cette formalisation, une seconde génération d'études est en train de naître, fondée sur la notion d'équipe pluridisciplinaire et sur la recherche de modèles globaux de développement.

Le rapprochement des problèmes ainsi posés et de solutions apportées en d'autres domaines (prospectives, programmation de la recherche, méthodes modernes de gestion) conduit à une voie de recherche, qui paraît pleine de promesses.

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT

Service
des Affaires Economiques et
Internationales

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE

FASCICULE N° 1.

HYPOTHESE D'AMENAGEMENT

de la

BASSE VALLEE DE LA SEINE.

3

MARS 1968

3134 (1)
1/2 20

AVANT - PROPOS

=====

Lorsque cette étude a été entreprise, le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Basse-Seine était en cours d'élaboration.

En l'absence de ce document de base, on s'est trouvé dans l'obligation de choisir une esquisse de schéma d'aménagement.

Aussi cette esquisse est sans doute différente du Schéma Directeur qui sera proposé par la Mission d'Etudes pour l'Aménagement de la Basse vallée de la Seine.

Au moment où les contacts ont été pris avec la Mission d'Etudes, celle-ci étudiait parmi d'autres une hypothèse d'Aménagement ; celle de la création d'une ville nouvelle au Marais Vernier. (Hypothèse B.1 de l'étude prévisionnelle de population et d'emploi).

On a donc recueilli dans cette première partie, les principaux éléments pris en considération par la Mission d'Etudes au moment où elle étudiait cette hypothèse. Le premier fascicule présente une interprétation par le S.A.E.I. de cette hypothèse d'aménagement qui est l'oeuvre de la Mission d'Etudes.

8134/11
10/07/77

HYPOTHESE D'AMENAGEMENT DE LA BASSE
VALLEE DE LA SEINE

A - L'ANALYSE

1. Le cadre de référence

- 1.1. - La mission de la Basse-Seine
- 1.2. - Le rôle des deux grandes zones de la Basse-Seine
 - 1.2.1. - Zone du Havre
 - 1.2.2. - Zone de Rouen

2. La situation actuelle

- 2.1. - La présentation générale
- 2.2. - La Basse-Seine dans l'Europe du Nord-Ouest
- 2.3. - La Basse-Seine dans le Bassin Parisien

3. Les perspectives de population et d'emploi

- 3.1. - La population actuelle et son évolution
- 3.2. - La population active et son évolution récente
 - 3.2.1. - Evolution de l'emploi
 - 3.2.2. - Population active par grande zone
 - 3.2.3. - Evolution des emplois par catégorie socio-professionnelle
 - 3.2.4. - Evaluation de la population future

B - HYPOTHESE D'AMENAGEMENT

1. Le parti d'aménagement

2. Le contenu du schéma d'aménagement 2000

2.1. - La population et les emplois

2.2. - L'estuaire

2.2.1. - le secteur 1 : Le Havre

2.2.2. - le secteur 2 : Bolbec - Lillebonne

2.2.3. - le secteur 3 : le Marais Vernier

2.3. - Le Grand Rouen

2.3.1. - le secteur 6 : Rouen

2.3.2. - les secteurs 4 et 5 : villes satellites

2.4. - L'Amont

2.4.1. - le secteur 7 : Vaudreuil

2.4.2. - le secteur 8 : Vernon

2.4.3. - le secteur 9 : Evreux

A - L'ANALYSE

1. - LE CADRE DE REFERENCE.

La Basse-Seine est la partie dominante de la Haute Normandie qui appartient au Bassin Parisien. Plutôt que de prétendre à un développement autonome illusoire, elle doit savoir profiter de la proximité de la capitale. Mais elle appartient aussi à un pays maritime de la Manche. L'exploitation de cette situation est favorable à son développement économique.

1.1. - La mission de la Basse-Seine.

La Basse-Seine est caractérisée en grande partie par son activité industrielle portuaire. Elle peut donc compléter utilement les industries de la Région Parisienne.

D'autre part, la Basse-Seine riche en potentiel industriel et urbain, peut profiter du surnombre de la population de la Région Parisienne et compléter ses effectifs. Les personnes actives et non actives qui désirent émigrer pourront y trouver accueil et travail.

Par contre il ne serait pas satisfaisant pour ses habitants que la Basse-Seine soit seulement satellite de la Région Parisienne. Il y a lieu de faire en sorte qu'il y ait une distinction entre les deux Régions. Un contrôle de l'urbanisation et un équipement suffisant de services de la Basse-Seine, sont des moyens éventuels pour y parvenir.

Le contrôle de l'urbanisation conduit notamment à éviter la continuité des surfaces bâties. De larges espaces verts peuvent séparer les surfaces urbaines aux frontières des deux Régions (Fig 1).

D'autre part, l'équipement en services doit être adapté aux habitants. Il doit être d'un niveau suffisamment élevé pour ne pas

obliger d'avoir recours trop souvent à ceux de Paris.

C'est pourquoi la Basse-Seine a reçu mission de devenir un axe de développement prioritaire pour le Bassin Parisien et de constituer une aire urbaine d'équilibre assez proche de Paris pour en être complémentaire, mais assez puissante pour en rester distincte. (Fig 2).

1.2. - Rôle des deux grandes zones de la Basse-Seine.

Zone du Havre et Zone de Rouen.

En ce qui concerne les directives qu'il convient de suivre pour l'étude du schéma d'aménagement des différentes parties de la vallée, il y a lieu de suivre les perspectives d'aménagement de cette Région :

1.2.1. - Zone du Havre.

Pour cette Zone, on peut proposer :

- un complexe industriel intégré à partir d'industries lourdes de base, implantée au Havre, tant pour les besoins du marché Parisien que pour ceux du marché d'exportation.
- l'organisation d'un arrière port pour les industries de transformation.
- la possibilité de démarches internationales transitaires.
- un aménagement des plages et ports de plaisance affectés aux loisirs maritimes.

1.2.2. - Zone de Rouen.

Pour cette zone on peut proposer :

- de préparer un entrainement du tertiaire à partir de l'enseignement et des recherches.

- de favoriser le développement d'un centre tertiaire supérieur à Rouen particulièrement développé dans les services à l'industrie, la recherche appliquée et les services import-export.

CONCLUSION

Les moyens pour rendre la Basse-Seine complémentaire bien que distincte de la Région Parisienne, doivent être mis en place dans certaines conditions.

Il y a lieu de :

- respecter les sites.
 - développer une complémentarité entre Rouen et Le Havre.
 - d'expérimenter un urbanisme nouveau.
-

2. - LA SITUATION ACTUELLE DANS LA BASSE-SEINE.

2.1. - Présentation générale.

- Le relief a profondément marqué le développement humain et économique : les villes et les industries sont concentrées dans les fonds de vallée à une très forte proportion.
- La Seine constitue un axe de relations en amont de Rouen mais forme une coupure assez nette en aval.
- Dans ce couloir s'est formé un complexe portuaire qui représente le quart du trafic maritime total de la France (38 millions de tonnes en 1965).
- Le complexe s'étend du Havre à Rouen. Sa desserte a provoqué une concentration exceptionnelle de moyens de transport le long de l'axe de la Basse-Seine.
- On trouve également un potentiel industriel important : 28 % de la capacité française de raffinage, 10 % de l'industrie du papier. D'autres branches (chimie, constructions mécaniques et électriques, transports) y sont représentés de façon notable.
- Autour de ces ports de ces usines, s'est formée une concentration urbaine (Rouen - Elbeuf, 370.000 habitants ; Le Havre, 300.000 habitants).

2.2. - La Basse-Seine dans l'Europe du Nord-Ouest.

L'industrie de l'Europe du Nord-Ouest est fortement marquée par deux phénomènes :

- l'épuisement des gisements continentaux de matières premières, et la mise en service de navires spécialisés de fort tonnage ont pour conséquence l'implantation des industries lourdes à proximité des ports.
- l'ouverture des frontières nécessite la création de nouvelles unités de production judicieusement implantées et tournées vers l'exportation.

Dans ce contexte, la Basse-Seine réunit des avantages décisifs : l'aménagement des 6.000 ha de la plaine alluviale de la vallée de la Seine doit permettre la création d'un complexe industriel lourd à l'échelle européenne et mondiale. Entre ces industries lourdes et la région parisienne, la vallée de la Basse-Seine offre à tous les types d'activité des localisations variées qui répondent à leurs divers besoins (Fig 3).

2.3. - La Basse-Seine dans le Bassin Parisien.

Le mouvement de décentralisation industrielle a joué un rôle important : 230 opérations de 26.000 emplois ont été créés en 11 ans. Cependant, dans 92 % des opérations, le siège social et la direction sont restés en région parisienne. Le mouvement devrait, du fait de la politique gouvernementale qui tend à favoriser les transferts dans des régions plus éloignées de Paris, se ralentir. Ce ralentissement de la décentralisation présente des aspects positifs. La multiplication d'activités de fabrication entièrement commandées de l'extérieur accroîtrait la dépendance de la région vis à vis de Paris, et le déséquilibre résultant de l'excessive concentration à Paris des activités de niveau supérieur.

De ce point de vue la Basse-Seine peut offrir une alternative partielle à la croissance parisienne, en permettant un desserrement des activités de toute nature qui y sont concentrées. Le desserrement consisterait à utiliser activement une partie du potentiel de croissance parisien

en l'organisant dans un espace aménagé. Ceci devrait éviter le phénomène de "banlieue" dans la vallée de la Basse-Seine.

En plus de ses activités industrielles, la Basse-Seine offre pour les loisirs des conditions exceptionnelles : qualité des sites, nombre et étendue des forêts, proximité de la mer et environnement agricole (Fig 4).

3. - LES PERSPECTIVES DE POPULATION ET D'EMPLOI.

=====

3.1. - La population actuelle de la Basse-Seine et son évolution récente.

La progression démographique entre les deux derniers recensements a été décroissant de l'amont vers l'aval ; elle a été plus rapide dans la vallée que sur les plateaux ; ce sont les zones possédant des villes importantes qui se sont développées le plus vite : Evreux, Rouen, Le Havre.

3.2. - La population active dans la Basse-Seine et son évolution récente.

3.2.1. - L'évolution de l'emploi de 1954 à 1965.

Agriculture :

Les effectifs agricoles paraissent proches du minimum compatible avec les besoins d'une agriculture moderne.

Bâtiment et travaux publics :

Une reprise s'est produite depuis 1962 et l'évolution reste depuis lors favorable.

Industrie de transformation

On peut distinguer les industries à forte croissance (automobiles et cycles, électricité-électronique, plastique et divers, industries mécaniques, chimie - caoutchouc, papier carton, première transformation des métaux, presse - édition, matériaux de constructions - verre) des industries en décroissance, (textiles, cuirs et peaux, construc-

tion navale et aéronautique).

La décentralisation des entreprises parisiennes a joué un rôle important : les décentralisations appartiennent en grande majorité aux branches "travail des métaux" "chimie - industries diverses" et "électricité électronique". Les établissements offrant moins de 100 emplois (65 en moyenne) se sont localisés en amont ; au contraire les grandes entreprises se sont plus éloignées de Paris ; elles se sont implantées dans la zone du Grand Rouen (163 emplois par établissement) et dans celle de l'estuaire (200 emplois par établissement) (Fig 5).

Ainsi, deux données importantes peuvent être mises en évidence : la forte expansion de certains secteurs, où la décentralisation a joué un rôle moteur a plus que compensé les diminutions d'effectifs des secteurs en crise ; d'autre part, les établissements décentralisés se caractérisent par un dynamisme plus grand que les entreprises traditionnelles.

Tertiaire.

Si globalement la position du secteur tertiaire paraît assez bonne, elle ne doit cependant pas faire illusion : d'une part la branche des transports y tient une part exceptionnelle (8,2 % des actifs) et d'autre part le reste du tertiaire est assez déséquilibré : le niveau des services à la population est normal, celui des services aux entreprises est particulièrement bas.

3.2.2. - Répartition de la population active par grande zone.

- la zone de l'estuaire possède une population active agricole relativement importante, le secteur industriel est moins développée, l'importance des transports liés au port du Havre gonfle le tertiaire.

- la zone du Grand Rouen se caractérise par un secteur agricole le moins important, et par l'équilibre des secteurs industriel et tertiaire, ce qui met en évidence un niveau d'urbanisation assez élevé.
- la zone amont est celle où le nombre d'emplois se développe le plus vite. Elle est cependant la moins urbanisée des trois zones et possède une population active agricole encore largement représentée. La part et la croissance des emplois industriels est plus importante dans cette zone que dans les autres. Le secteur tertiaire, encore relativement faible est aussi celui qui a le plus fort dynamisme.

3.2.3. - Evolution des emplois par catégorie socio-professionnelle.

L'image de la structure socio-professionnelle de la Basse-Seine est caractérisée par :

- le maintien d'une classe agricole encore importante,
- une classe ouvrière dominante qui continue à croître,
- une classe "intellectuelle libérale" encore faible.

Néanmoins, la sous scolarisation de la région et la nature des emplois ont amené à une baisse de la qualification générale de la population active.

3.2.4. - Evaluation de la population future.

L'évolution de la population de la Basse-Seine, semblable à ce qui est prévu pour celle de la France entière conduirait à des chiffres de 1.450.000 habitants en 1985 et de 1.900.000 en 2000. Si l'on tient compte des perspectives de développement industriel portuaire, et

des prévisions de desserrement de la région, la population pourrait atteindre 1.800.000 habitants en 1985 et 2.500.000 habitants en 2000.

Ce sont ces chiffres qui ont été retenus - l'hypothèse de 3.000.000 d'habitants étant considérée comme une hypothèse de dimensionnement, ce chiffre de population ne pouvant être atteint qu'au-delà de l'An 2000.

B - HYPOTHESE D'AMENAGEMENT

1. - LE PARTI D'AMENAGEMENT. (Fig 6)

Le découpage de la Basse-Seine en trois zones reflète la situation actuelle : la zone amont concrétisant les rapports avec la région parisienne ; la zone aval, les rapports avec les ports du N.O européen ; le grand Rouen, les rapports avec la région de Haute-Normandie.

Les intentions qui président à l'élaboration du schéma directeur sont ;

- la Basse - Seine doit être complémentaire de la région de Paris,
- la Basse - Seine doit être distincte de la région de Paris,
- la Basse - Seine doit être une entité régionale.

Pour réaliser ces intentions, l'accent sera mis sur :

- l'aval, c'est-à-dire la zone de l'Estuaire
- la rive gauche à partir de Rouen
- une urbanisation discontinue
- un urbanisme volontaire.

En effet, dans ces conditions on pense qu'il sera possible d'éviter le phénomène "banlieue" à partir de Paris, de favoriser le développement régional en s'appuyant sur le Havre et sur Rouen ; de préserver la région.

La combinaison de ces différents éléments conduit à un parti d'équilibre longitudinal qui repose sur :

.../...

- l'ensemble des zones industrielles portuaires : celles-ci, réparties sur 80 km environ peuvent recevoir une certaine spécialisation reliée à la profondeur de la voie d'eau.
- des zones d'extension urbaine articulées autour de l'ensemble portuaire. Ces zones ont des fonctions particulières et elles sont nettement hiérarchisées.

On a donc deux axes d'urbanisation qui en aval de Rouen, encadrent l'ensemble portuaire :

- axe rive droite : vallée de l'Austreberthe, Yvetot, Bolbec, Lillebonne ;
- axe rive gauche : son développement est lié aux moyens de transport : autoroute Sud-Normandie et TTGV(1) ainsi pourraient se développer deux villes nouvelles : Bourg-Achard et Pont-Audemer.

En amont de Rouen, il n'y a plus qu'un axe unique. Les localités, existantes se développent mais la croissance, limitée volontairement, ne nécessite pas la création de villes nouvelles ;

Tout au long de ces axes d'urbanisation, des coupures vertes (forêts de Lyons, Vernon, Roumard, La Londe, Brotonne, Marais Vernier) permettent de contrôler la discontinuité de l'urbanisation).

(1) TTGV : Transport terrestre à grande vitesse.

2. - LE CONTENU DU SCHEMA D'AMENAGEMENT 2000.

2.1. - Population et emplois.

Compte-tenu des hypothèses retenues par la CNAT et de la structure de population de la région, les taux d'activité et les répartitions de la population active par grands secteurs seraient les suivants aux différentes échéances :

| | Population totale | Taux d'activité | Population active | dont | | |
|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|
| | | | | agriculture | industrie | tertiaire |
| Situation 1962 | 1.050.000 | 40,5 % | 425.000 | 50.000 | 178.000 | 197.000 |
| Perspectives 1985 | 1.800.000 | 39 % | 710.000 | 30.000 | 320.000 | 360.000 |
| Hypothèse 2000 | 2.500.000 | 38 % | 950.000 | 30.000 | 425.000 | 495.000 |

La répartition de la population totale par grandes zones géographiques sera la suivante :

| | Zone Estuaire | Zone Grand Rouen | Zone Amont | Total Zones |
|---------------------------|---------------|------------------|------------|-------------|
| Situation 1962 | 349.000 | 508.000 | 193.000 | 1.050.000 |
| Perspective 1985 | 625.000 | 860.000 | 315.000 | 1.800.000 |
| Hypothèse 2000 | 895.000 | 1.180.000 | 425.000 | 2.500.000 |
| Hypothèse dimensionnement | 1.100.000 | 1.400.000 | 600.000 | 3.000.000 |

La Basse-Seine a été découpée en un certain nombre de secteurs (1).

.../...

(1) Etude prévisionnelle de population et d'emplois pour la Basse-Seine et le littoral jusqu'à Caen - Mission Basse-Seine, BRC.

| Sous-Secteurs | | Secteurs | Zones |
|-------------------------|-----|----------|-------------|
| Nom | N° | | |
| Le Havre | 1 | I | Estuaire |
| Vallée de la Lezarde | 2 | | |
| St-Romain | 3 | | |
| Plaine alluviale | 4 | | |
| Bolbec | 10* | II | |
| Lillebonne | 11 | | |
| Pontaudemer | 13 | III | |
| Lieuzey | 18* | | |
| Montfort | 22* | | |
| Beuzeville | 5* | | |
| Yvetot | 16 | IV et V | |
| Forêt Brotonne | 17 | | |
| Pavilly | 20 | | |
| Bourg Achard | 21 | | |
| Bourgtheoulde | 22* | | |
| Elbeuf | 26 | | |
| Le Neubourg | 27* | | |
| Fontaine-le-Bourg | 23 | VI | Grand Rouen |
| Ft de Roumare | 24 | | |
| Gd Couronne | 25 | | |
| Maromme | 28 | | |
| Rouen | 29 | | |
| Sotteville | 30 | | |
| Darnetal | 31 | | |
| Boos | 32 | | |
| Vaudreuil | 33 | VII | |
| Louviers | 34 | | |
| Fleury | 36* | VIII | |
| Guillon | 37 | | |
| Vernon | 38 | | |
| Pacy | 39* | | |
| Les Andelys | 40 | | |
| Daubeuf | 27* | IX | Amont |
| Evreux | 35 | | |

* L'astérisque indique que seule une partie du sous-secteur est pris en considération.

2.2. - L'estuaire en 2000 (Fig 7)

En 2000, les activités de l'Estuaire sont articulées principalement au port et à l'industrie.

* population : 895.000

* emplois : 340.000 dont : - 11.000 primaires
-157.400 secondaires
-137.400 tertiaires
- 34.600 transports

Le Havre étant bloqué dans son site ne peut contenir que 290.000 habitants. Il est donc nécessaire de reporter la croissance de la population sur - la vallée de la Lézarde : secteur 1
- Bolbec - Lillebonne : secteur 2
- la rive gauche : secteur 3

.../...

2.2.1. - Le secteur 1 : l'agglomération du Havre

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------|------------|------------|---------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 1 | 290.000 | 800 | 30.000 | 60.000 | 26.300 | 117.100 |
| 2 | 180.000 | 2.300 | 18.500 | 22.000 | 6.900 | 49.700 |
| 3 | 60.000 | 800 | 2.000 | 9.000 | 50 | 11.850 |
| 4 | 10.000 | 200 | 63.000 | 5.000 | 300 | 68.500 |
| TOTAL | 540.000 | 4.100 | 113.500 | 96.000 | 33.550 | 247.150 |

Ce secteur concerne l'agglomération du Havre qu'on peut caractériser comme suit :

- sous secteur 1 / Centre urbain : il se caractérise par un mélange des activités suivantes :

- activités portuaires : navires de gros tonnage (minéraliers et pétroliers), navires porte-containers, navires porte-chalands, "Naviplane".
- activités industrielles : il s'agit d'industries lourdes et d'industries de transformation ;
- activités tertiaires : elles sont liées principalement au port, et dans une moindre mesure à l'industrie et à la population ;
- activités tertiaires supérieures : elles sont liées au port et à l'enseignement (l'Université du Havre recueillerait le 1er et le 2è cycle, mais il ne s'y ferait ni recherche ni doctorat).

.../...

- résidences : principalement pour la population industrielle et tertiaire.
- sous-secteur 2 / Extension résidentielle du Havre. Cette extension est faite en suivant la vallée de la Lézarde puis en suivant la ligne de chemin de fer.
 - activités industrielles : industries de transformation
 - activités tertiaires : principalement liées à la population
 - activités tertiaires supérieures : liées à la population
 - population essentiellement industrielle et tertiaire.
- sous-secteur 3 / Espace vert de l'agglomération du Havre. Les emplois qui y sont prévus concernent essentiellement le loisir. A noter que cet espace vert sera utilisé par la population du secteur 2.
- sous-secteur 4 / Zone industrielle portuaire. Cette zone est consacrée aux industries de première transformation : sidérurgie et pétrochimie

2.2.2. - Le secteur 2 : Bolbec - Lillebonne

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------|------------|------------|--------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 10* | 9.000 | 700 | 1.600 | 900 | 100 | 3.300 |
| 11 | 75.000 | 1.900 | 8.700 | 10.000 | 300 | 20.900 |
| 12 | 45.000 | 1.100 | 9.300 | 7.200 | 250 | 17.850 |
| TOTAL | 129.000 | 3.700 | 19.600 | 18.100 | 650 | 42.050 |

Ce secteur apparaît plus comme une zone de dégagement de l'agglomération du Havre que comme une zone d'appui qui servirait à renforcer le Havre.

- sous-secteur 10* et 11 / Cette zone est articulée autour de Bolbec qui apparaît comme un petit centre urbain ;

- petite zone industrielle à Bolbec,
- activités tertiaires liées à l'industrie mais aussi à la population,
- résidence pour une population principalement industrielle.

- sous-secteur 12 / Sous-secteur est articulé autour de Lillebonne, qui apparaît comme un petit centre urbain.

- zone industrielle. Il s'agit d'industrie lourde et industrie de transformation.

2.2.3. - Le secteur 3 : Pont-Audemer

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|---------------|-------------------|--------------|---------------|---------------|------------|---------------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 13 | 150.000 | 1.400 | 17.500 | 16.600 | 200 | 35.700 |
| 18* + 22* | 58.000 | 1.200 | 3.600 | 3.400 | 100 | 8.300 |
| 5* | 18.000 | 600 | 3.200 | 3.300 | 100 | 7.200 |
| TOTAL | 226.000 | 3.200 | 24.300 | 23.300 | 400 | 51.200 |

Dans ce secteur rive gauche est reportée une partie de la croissance du Havre. L'urbanisation y est diffuse.

- les industries sont peu importantes,
- le tertiaire y est assez développé : les activités tertiaires concernent les services à l'industrie, à la population et à l'enseignement (possibilité d'implanter un centre de recherche ou une université dans le Marais Vernier).

A plus long terme, ce secteur, situé sur l'axe Paris-Caen, pourrait devenir, en y implantant des équipements adéquats, une ville fédératrice pour les deux Normandies.

2.3. - Le grand Rouen en 2000. (Fig 8)

Il faut d'abord remarquer que le découpage ici est quelque peu différent de celui proposé dans le livre Blanc, où Vaudreuil est inclus dans le grand Rouen.

En 2000 les activités du grand Rouen sont articulées principalement sur les activités secondaires et les activités tertiaires supérieures. L'agglomération de Rouen doit avoir 1.200.000 habitants en 2000 (Vaudreuil étant considéré comme étant dans l'Amont). Or, Rouen bloqué dans son site ne peut recevoir que 640.000 habitants. Il a donc été nécessaire de reporter la croissance en créant des noyaux satellites autour de Rouen, y compris dans la zone amont.

On ne tiendra compte dans ce paragraphe que des éléments qui concernent le Grand Rouen, Vaudreuil étant exclu.

* Population : 895.000

* Emplois : 378.000 dont :

| | |
|---------|-------------|
| 12.000 | primaires |
| 161.800 | secondaires |
| 185.200 | tertiaires |
| 19.000 | transports |

2.3.1. - Secteur 6 : Rouen.

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|---------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 23 | 60.000 | 4.000 | 5.000 | 6.000 | 250 | 15.250 |
| 24 | 70.000 | 200 | 9.500 | 7.100 | 1.400 | 18.200 |
| 25 | 90.000 | | 21.300 | 11.600 | 2.200 | 35.100 |
| 28 | 60.000 | 300 | 5.000 | 6.700 | 1.300 | 13.300 |
| 29 | 170.000 | | 19.000 | 70.000 | 5.300 | 94.300 |
| 30 | 130.000 | | 23.500 | 23.700 | 4.500 | 51.700 |
| 31 | 30.000 | 600 | 3.600 | 3.400 | 600 | 8.200 |
| 32 | 30.000 | 500 | 6.500 | 3.000 | 1.500 | 11.500 |
| TOTAL | 640.000 | 5.600 | 93.400 | 131.500 | 17.050 | 247.550 |

- sous-secteur 29 / Rouen : Centre urbain régional. Importance donnée aux activités tertiaires et notamment à celles appartenant au tertiaire supérieur : et ce, qu'elles soient liées à l'industrie, à la population ou à l'enseignement (en 2000 l'Université de Rouen reçoit 40.000 étudiants).
- sous-secteur 30 / Extension linéaire du centre urbain sur la rive gauche
 - activités industrielles de transformation liées au port fluvial de Rouen,
 - activités tertiaires de même nature que celles de Rouen,
 - habitat réparti le long de l'extension et le long de la zone industrielle.

- sous-secteur 25 / Cette zone se caractérise par :
 - activités industrielles : industries de transformation liées au port de Rouen.
 - activités tertiaires : liées à la population, au loisir (forêt de Rouvray) à l'industrie,
 - résidences : pour une population industrielle, en bordure de la zone industrielle.

- sous-secteur 24 / Zone de loisir centrée sur la forêt de Roumard.
 - activités industrielles : le long de la Seine, en face du port et de la zone industrielle de Rouen,
 - activités tertiaires : liées à l'industrie et au loisir.

- sous-secteurs 23, 28, 31 et 32 / Cette zone située au Nord et à l'Est de Rouen n'a pas de vocation particulière. Toutefois une vocation d'espace vert dans le sous-secteur n° 28, limite l'extension de Rouen, vers le Nord.

2.3.2. - Secteur 4 et 5.

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------|------------|------------|---------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 16 | 30.000 | 1.300 | 5.700 | 3.500 | 150 | 10.650 |
| 17 | 10.000 | 900 | 1.500 | 1.500 | 100 | 4.000 |
| 20 | 100.000 | 2.000 | 16.200 | 17.800 | 400 | 38.400 |
| 21 | 35.000 | 700 | 8.900 | 4.900 | 100 | 14.600 |
| 22 | 50.000 | 550 | 5.000 | 6.000 | 200 | 11.750 |
| 26 | 110.000 | 500 | 28.000 | 19.000 | 900 | 48.400 |
| 27 | 10.000 | 450 | 1.100 | 1.000 | 100 | 2.650 |
| TOTAL | 345.000 | 6.400 | 68.400 | 53.700 | 1.950 | 130.450 |

.../...

Ces deux secteurs concernent l'extension de Rouen vers l'Ouest.

- Sous-secteur 16 / Cette zone ne reçoit pratiquement rien de la croissance. La population sera groupée autour d'Yvetot, et les emplois industriels dans une petite zone industrielle en bordure de Seine.
- Sous-secteur 17 / Cette zone, la forêt de Brotonne est un parc régional les emplois tertiaires sont liés principalement aux loisirs.
- Sous-secteur 20 / Dans cette zone on trouve une ville satellite de Rouen. Pavilly-Barantin.
 - activités industrielles : industries de transformation dans une petite zone industrielle ;
 - activités tertiaires : liées essentiellement à la population et dans une moindre mesure à l'industrie ;
 - résidences : pour une population industrielle et tertiaire.
- Sous-secteurs 21 et 22 / Dans ces secteurs, une autre ville satellite de Rouen et une zone industrielle portuaire, dite d'éclatement du Port de Rouen.
 - activités industrielles : industries lourdes liées au port de Rouen,
 - activités tertiaires : liées à l'industrie et à la population notamment à Bourgtheroulde ;
 - résidence : habitat dispersé s'étendant sur le sous-secteur 22.
- Sous-secteur 26 / Troisième ville satellite de Rouen : Elbeuf :
 - activités industrielles : industries de transformation partiellement groupées dans une petite zone industrielle,

- activités tertiaires : liées à la population et à l'industrie,
- résidences : pour une population tertiaire et industrielle
- sous-secteur 27* / Rien n'est prévu dans ce secteur.

2.4. - L'Amont en 2000 (Fig 9)

En 2000 les activités de l'Amont sont articulées autour de l'industrie de transformation et des services liés à la région parisienne.

* Population : 620.000

* Emplois : 236.000 dont : 7.500 primaires
106.300 secondaires
120.200 tertiaires
2.700 transports

Dans ce secteur ; l'urbanisation se fait autour des noyaux existants à l'exception de la ville nouvelle de Vaudreuil ville satellite de Rouen.

On distingue ainsi trois secteurs :

2.4.1. - Le secteur 7 : Vaudreuil.

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------|------------|------------|--------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 33 | 100.000 | - | 15.300 | 30.700 | 300 | 46.300 |
| 34 | 50.000 | 500 | 10.500 | 5.150 | 350 | 16.500 |
| 36* | 50.000 | 900 | 5.700 | 5.450 | 250 | 12.300 |
| TOTAL | 200.000 | 1.400 | 31.500 | 41.300 | 900 | 75.100 |

- sous-secteur 33 / Ville nouvelle de Rouen.
 - activités industrielles : de seconde transformation
 - activités tertiaires : activités décentralisées de la région parisienne
activités liées à la population
tertiaire supérieur lié à l'enseignement (IUT)
 - habitat : concentré pour une population tertiaire et secondaire.
- sous-secteurs 34 et 36* / Extensions de Vaudreuil.
 - activités industrielles dans le 34* (Louviers)
 - activités tertiaires dans le 36 (vallée de l'Andelle).

2.4.2. - Le secteur 8 : Vernon.

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|---------------|-------------------|-----------|-------------|------------|------------|---------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 37 | 100.000 | 850 | 22.400 | 20.000 | 150 | 43.400 |
| 38 | 50.000 | 400 | 12.500 | 10.850 | 250 | 24.000 |
| 39* | 25.000 | 600 | 3.000 | 2.800 | 200 | 6.600 |
| 40 | 90.000 | 2.500 | 15.000 | 14.650 | 350 | 32.500 |
| TOTAL | 265.000 | 4.350 | 52.900 | 48.300 | 950 | 106.500 |

- sous-secteurs 37 et 38 : Gaillon et Vernon.
 - activités secondaires : industries de seconde transformation liées à la région parisienne,
 - activités tertiaires : établissements décentralisés de la région parisienne ; et tertiaire lié à la population et à l'industrie,

- habitat : Gaillon : 60.000 habitants
 Vernon : 60.000 "

- sous-secteur 39* / Pacy sur Eure

- sous-secteur 40 / Zone où les activités secondaires et tertiaires sont
diffuses ; l'urbanisation se fait à la limite de la Basse-Seine en
remontant vers Etrepagny.

2.4.3. - Secteur 9 : Evreux.

| Sous secteurs | Population totale | Emplois | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-------------|------------|------------|--------|
| | | Primaires | Secondaires | Tertiaires | Transports | Totaux |
| 27* | 15.000 | 750 | 800 | 700 | 150 | 2.400 |
| 35 | 140.000 | 1.000 | 21.100 | 29.900 | 700 | 52.700 |
| TOTAL | 155.000 | 1.750 | 21.900 | 30.600 | 850 | 55.100 |

Les deux sous-secteurs concernent l'agglomération d'Evreux :

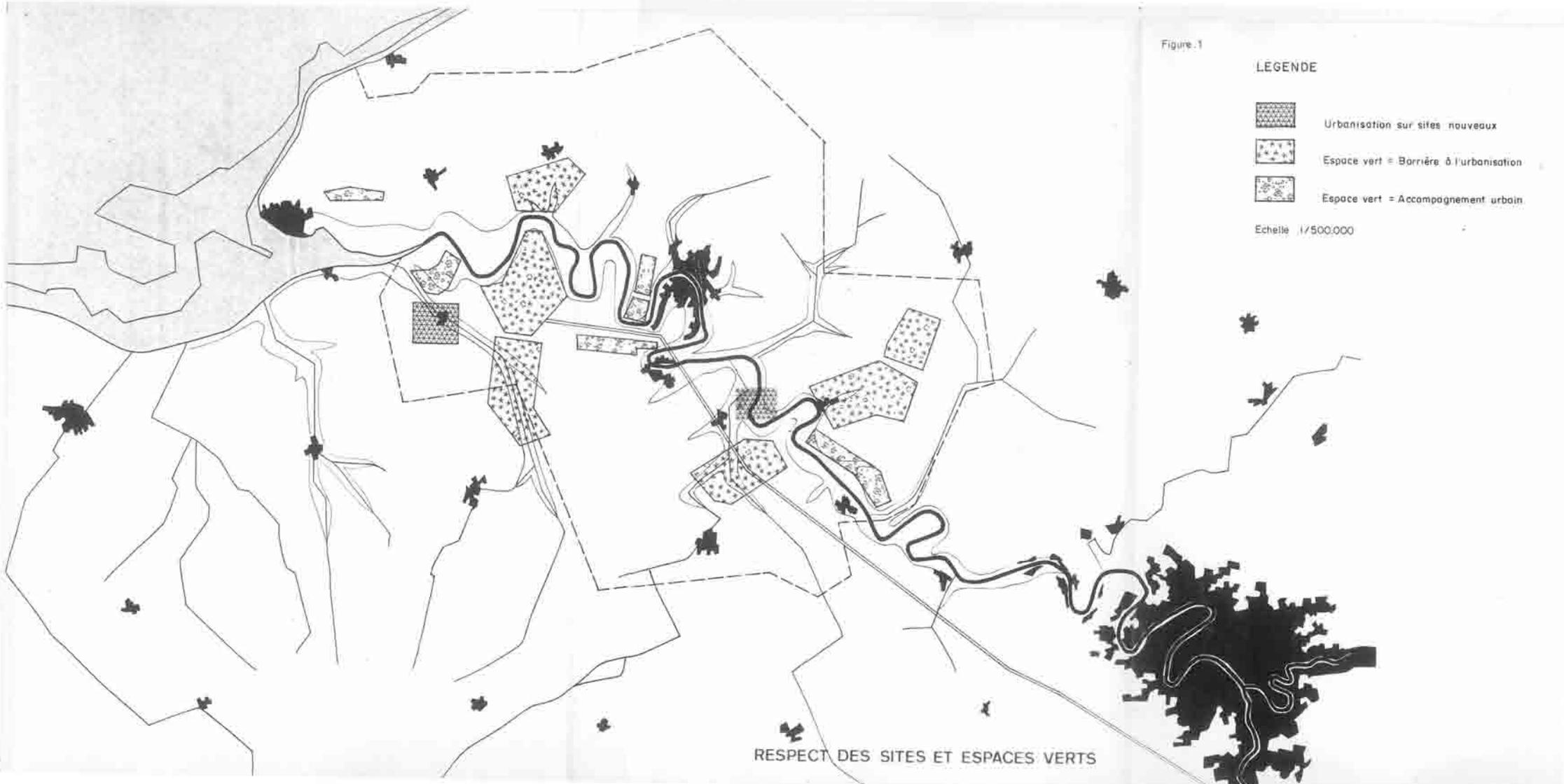
- activités secondaires : seconde transformation en zone industrielle
- activités tertiaires : établissements décentralisés de la région parisienne
- activités de la population et à l'industrie pour la zone Sud.

Figure 1

LEGENDE

-  Urbanisation sur sites nouveaux
-  Espace vert = Barrière à l'urbanisation
-  Espace vert = Accompagnement urbain

Echelle 1/500.000

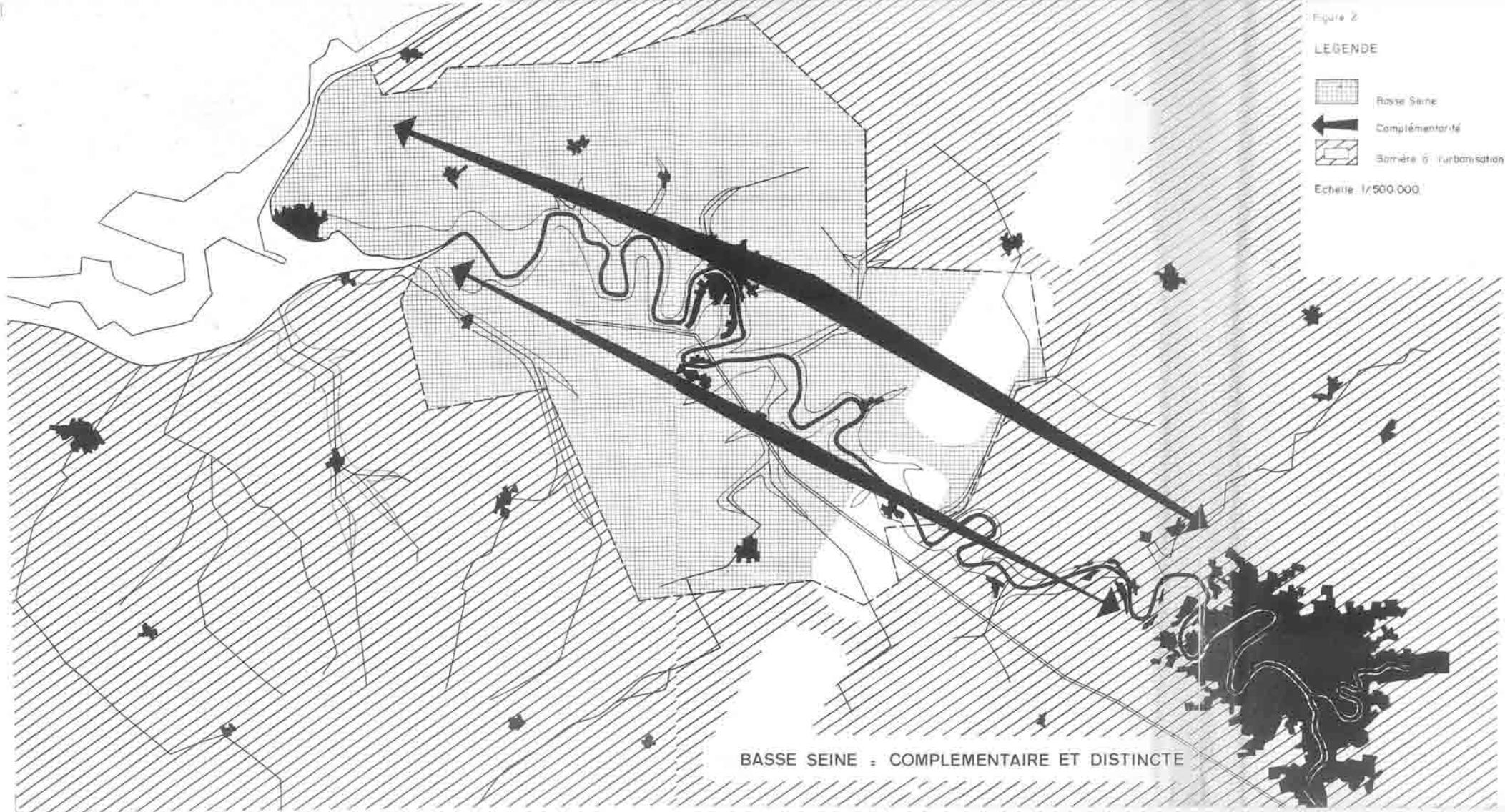


RESPECT DES SITES ET ESPACES VERTS

LEGENDE

-  Basse Seine
-  Complémentarité
-  Barrière à l'urbanisation désordonnée

Echelle 1/500.000



BASSE SEINE - COMPLEMENTAIRE ET DISTINCTE

Figure 3

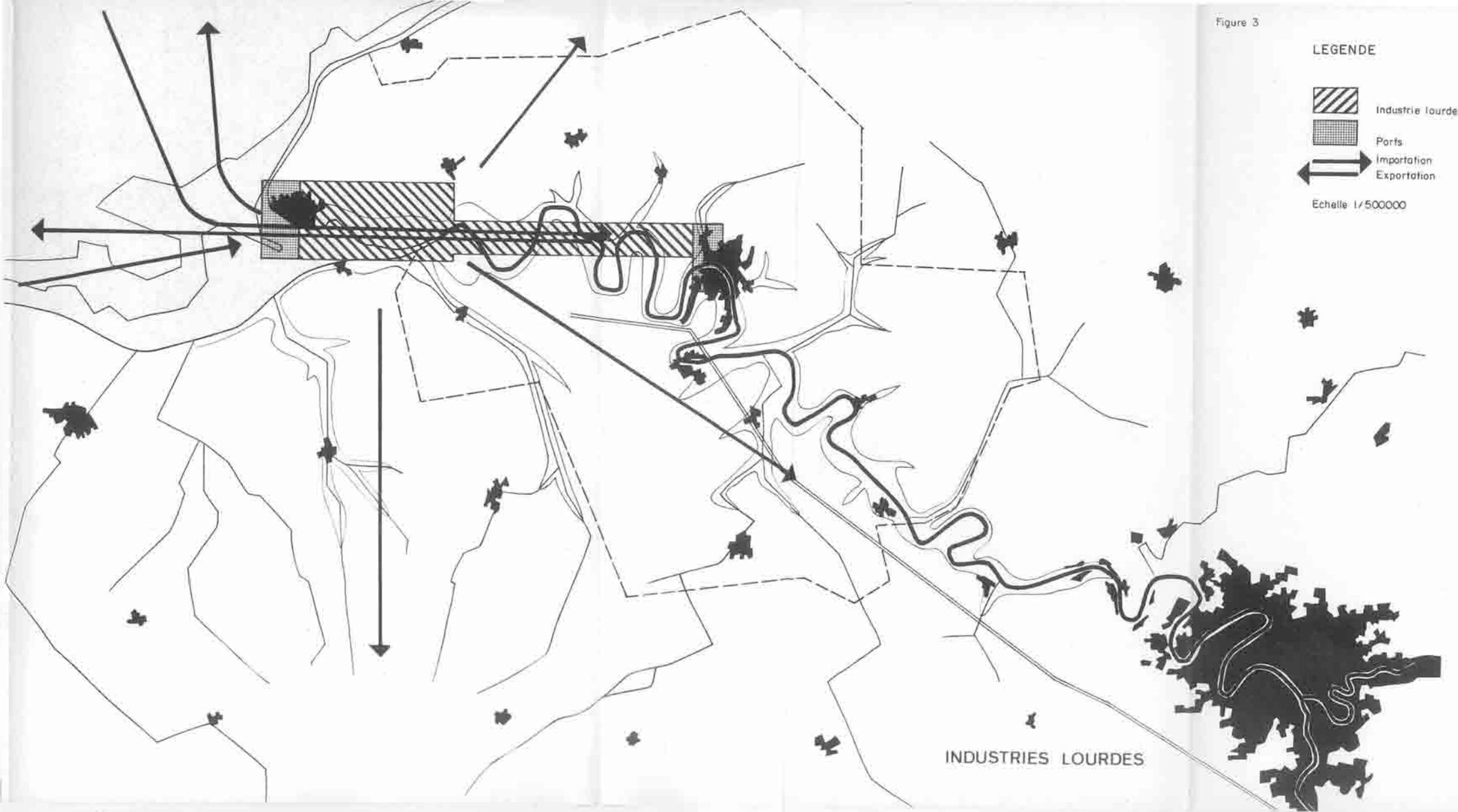


Figure -4

LEGENDE

-  Loisir
-  Industrie de transformation
-  Desserment

Echelle 1/500000

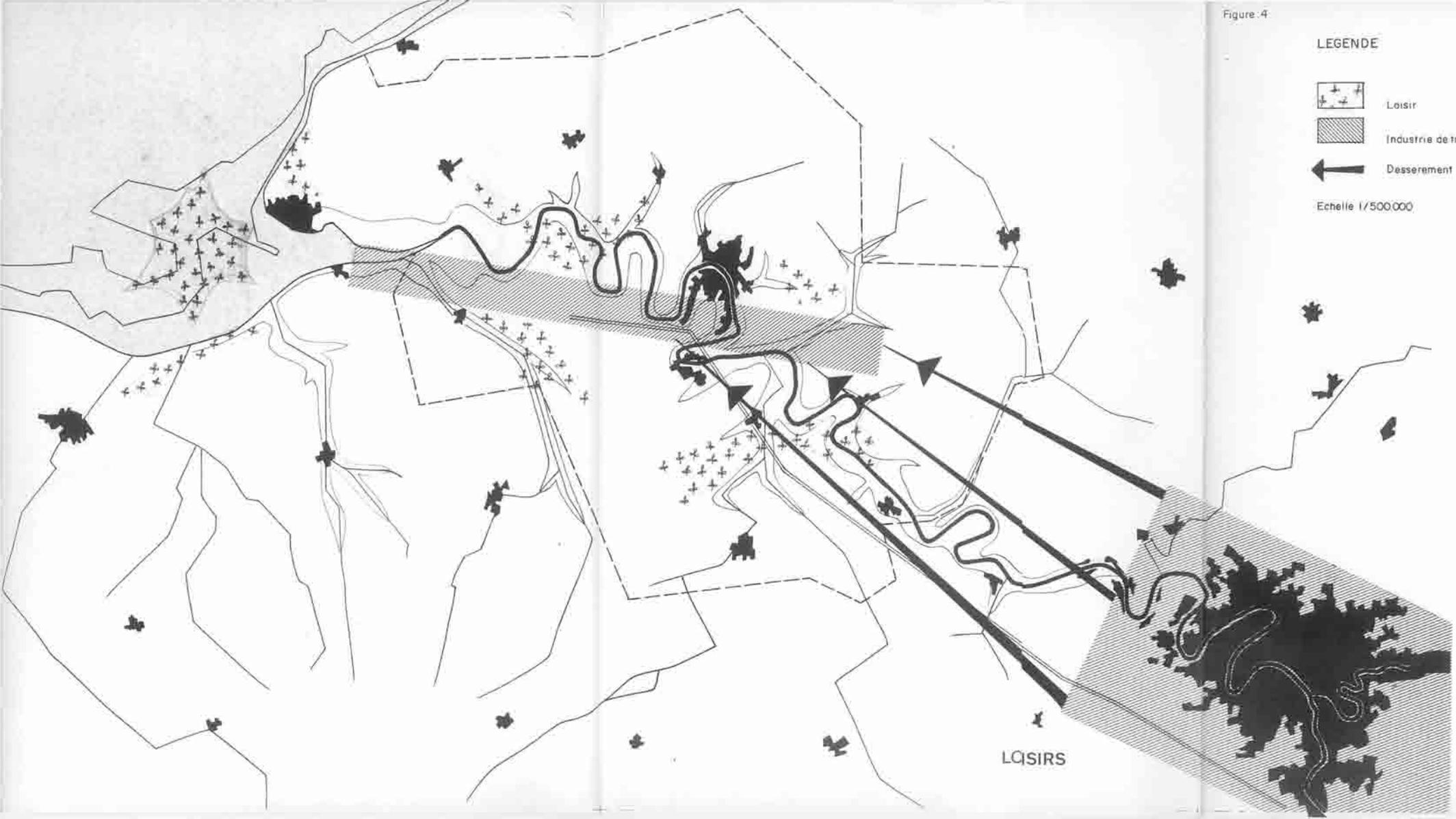
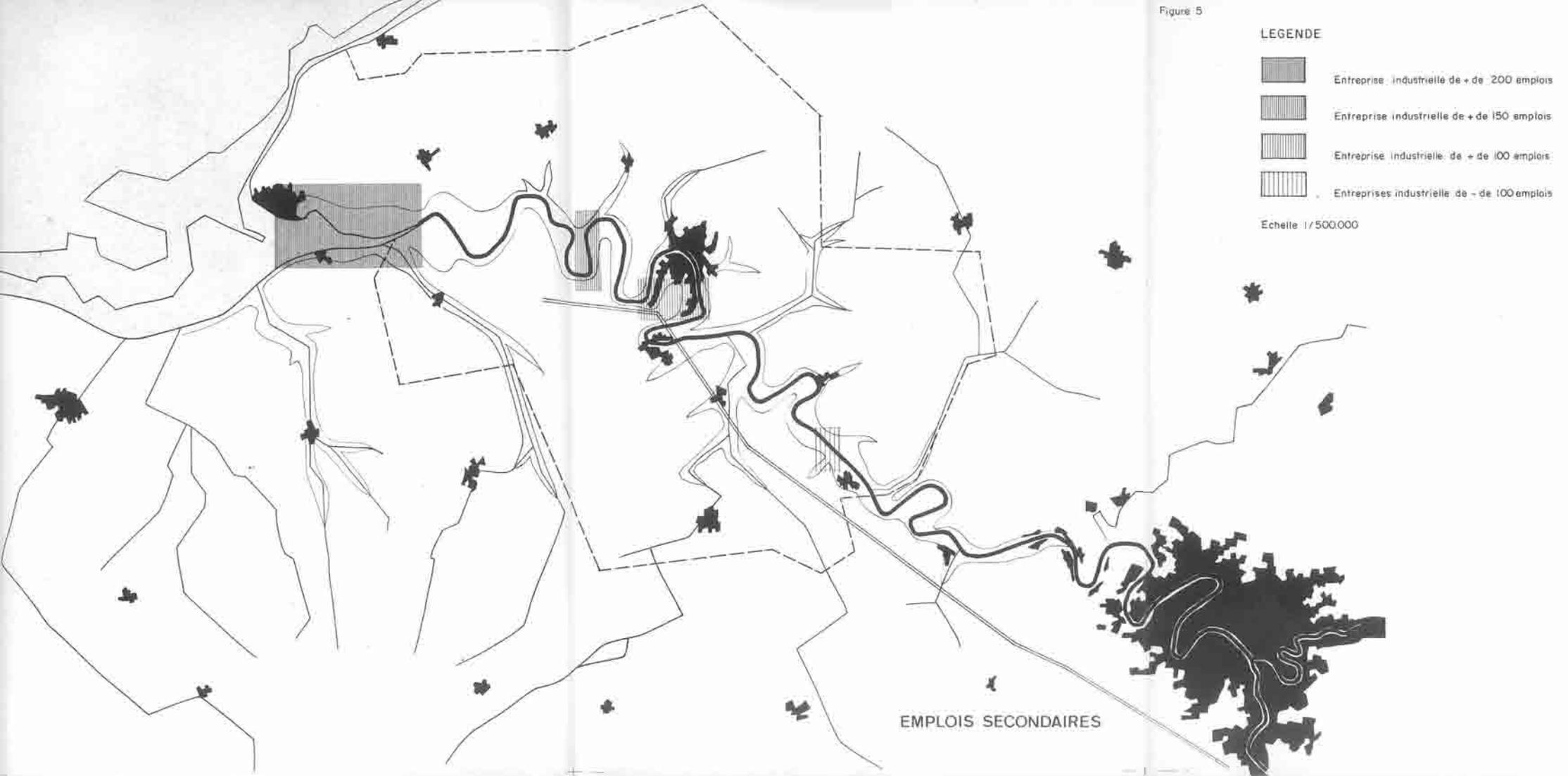


Figure 5

LEGENDE

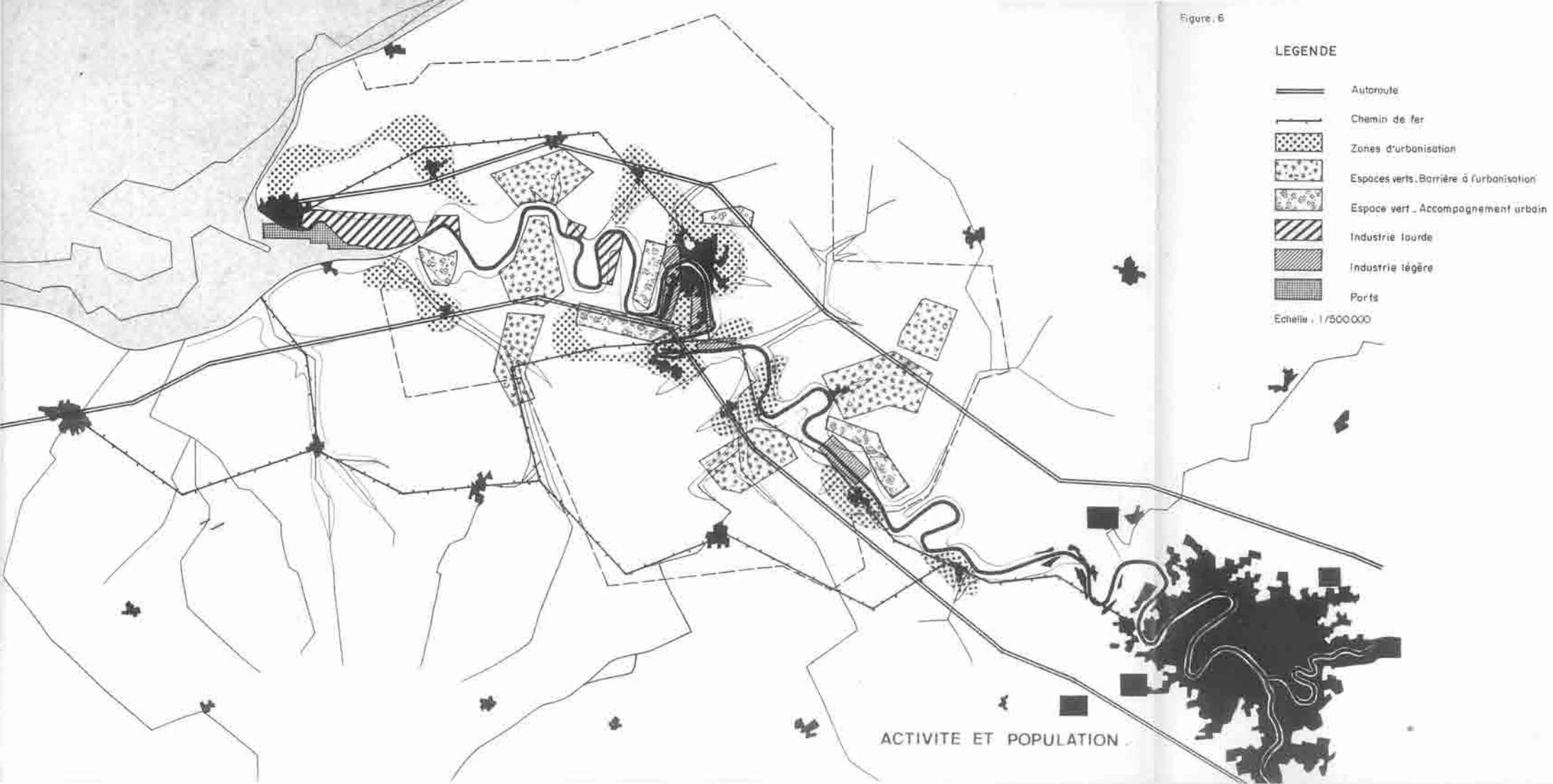
-  Entreprise industrielle de + de 200 emplois
-  Entreprise industrielle de + de 150 emplois
-  Entreprise industrielle de + de 100 emplois
-  Entreprises industrielle de - de 100 emplois

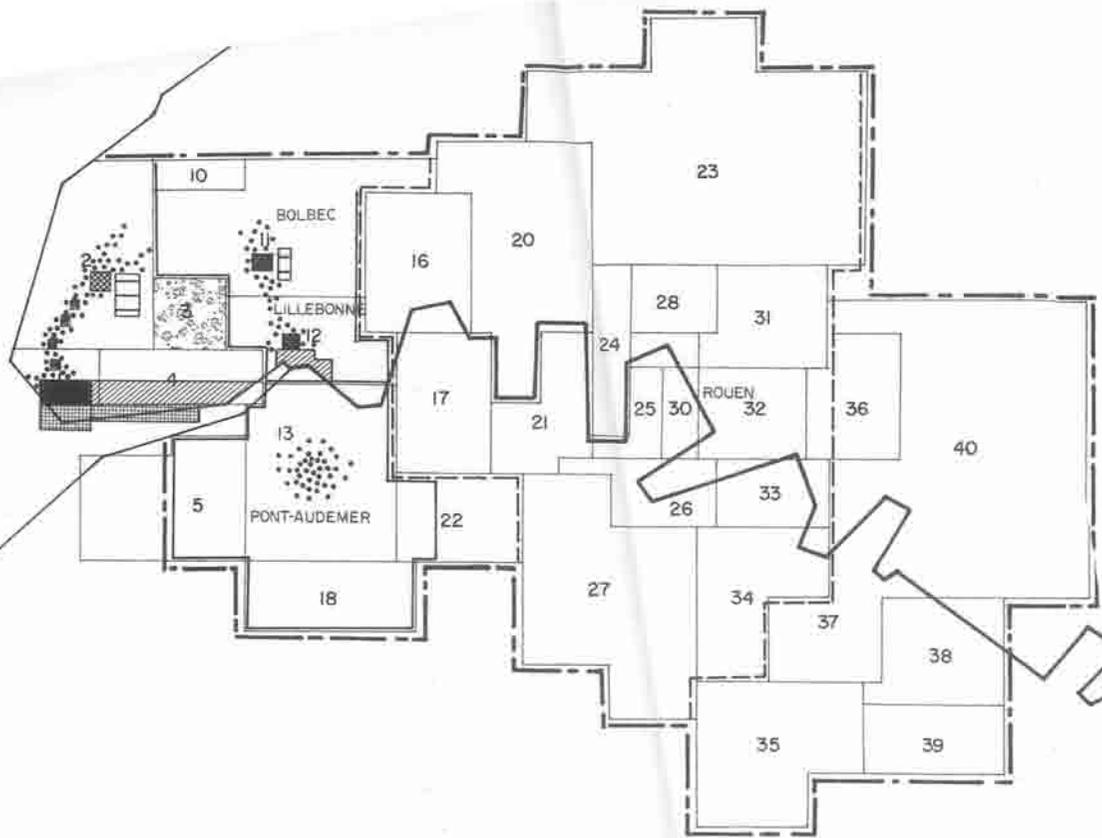
Echelle 1/500.000



EMPLOIS SECONDAIRES

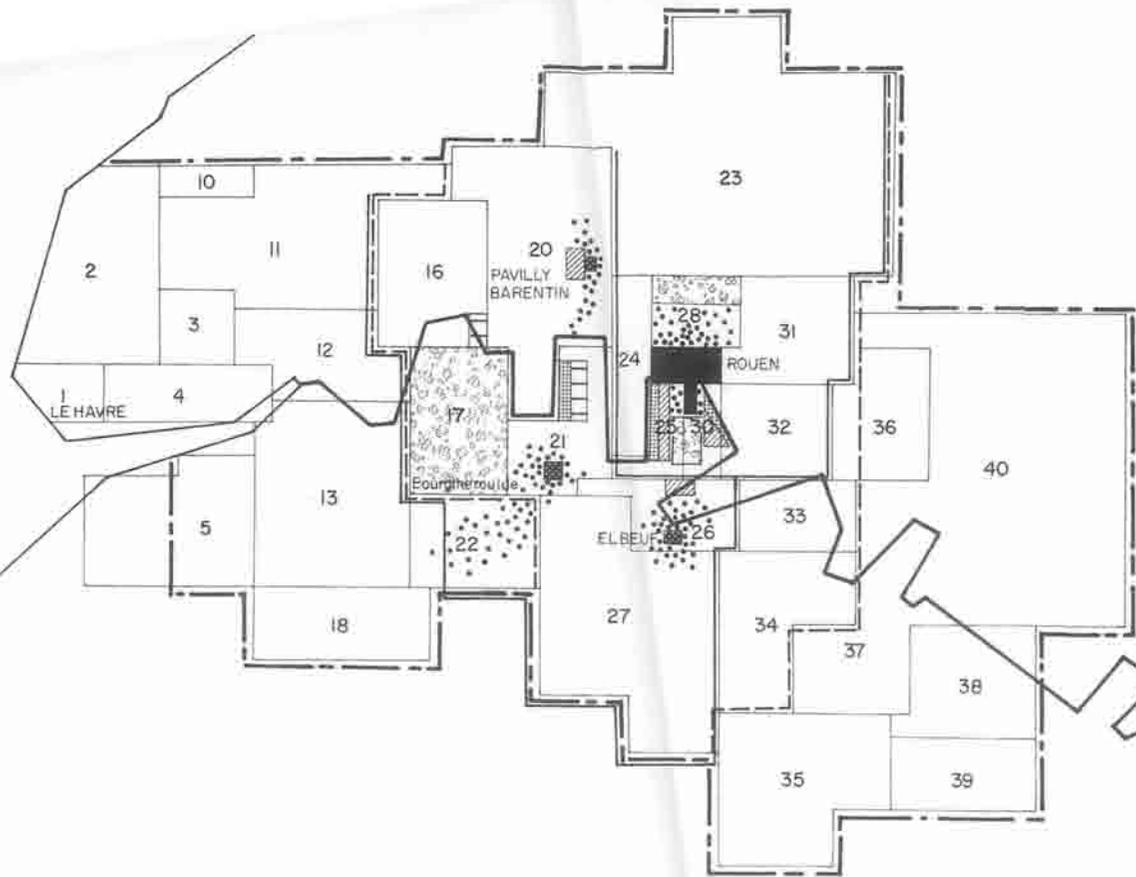
Figure 6





-  Centre tertiaire
 -  Centre quaternaire
 -  Espaces verts
 -  Port
 -  Industrie lourde
 -  Industrie légère
 -  Limite de secteur
 -  Centre urbain
 -  Limite de zone
 -  Limite de la Basse Seine
 -  Sous secteur
- Echelle 1/500000

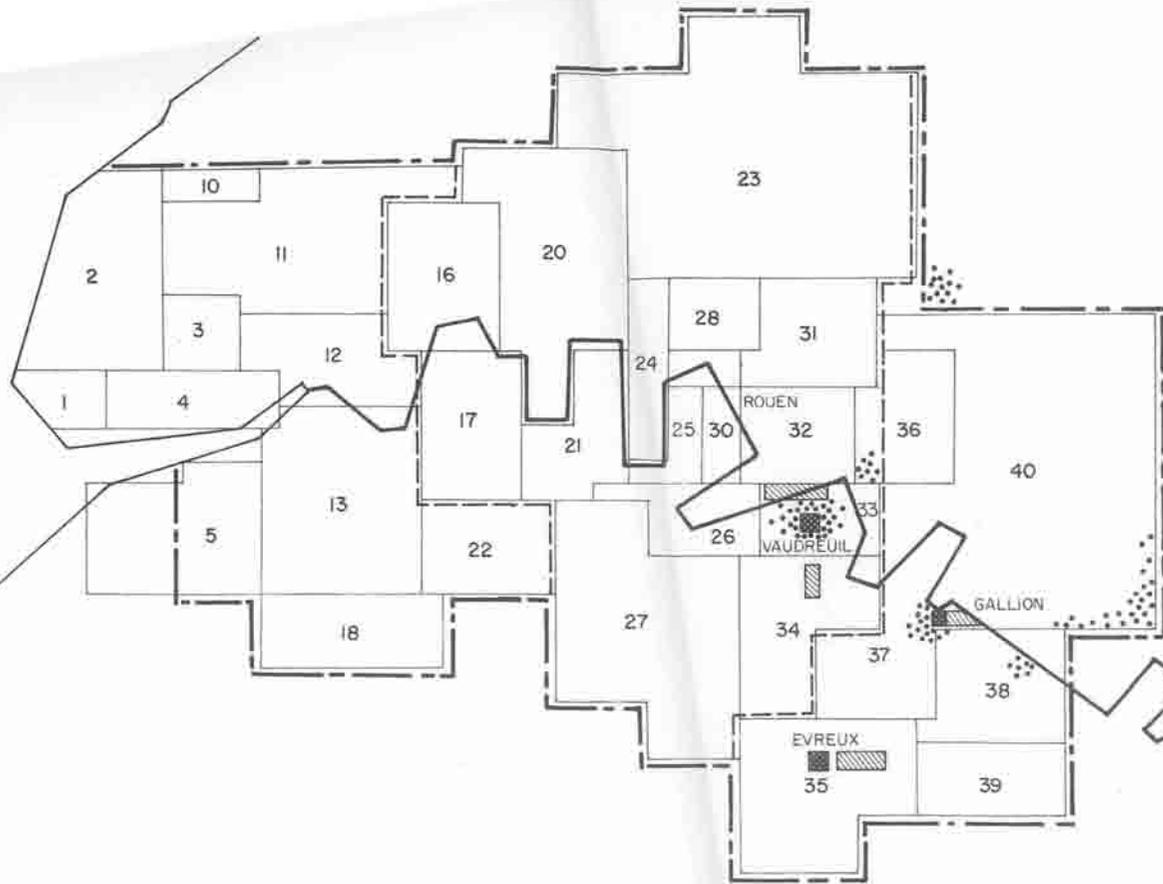
ZONE AVAL



- Centre urbain
 - Centre tertiaire
 - Espaces verts
 - Industries lourdes
 - Industries légères
 - Port
 - Habitat
 - Limite de secteur
 - Limite de zone
 - Limite de Basse-Seine
 - Sous secteur
- Echelle 1/500 000

ZONE DU GRANDROUEN





-  Habitat
 -  Industrie légère
 -  Limite de zone
 -  Limite de la Basse Seine
 -  Sous secteur
- Echelle 1/500.000

ZONE AMONT

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT

Service
des Affaires Economiques et
Internationales

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE

FASCICULE N° 2.

SCHEMAS DE TRANSPORT

Le programme de transport
des voyageurs pour 1985

AVRIL 1968

3134/20
10 000

LE PROGRAMME DE TRANSPORT DES VOYAGEURS POUR 1985

| | <u>Pages</u> |
|---|--------------|
| 1. - <u>LES OBJECTIFS DU SCHEMA D'AMENAGEMENT DE LA BASSE-SEINE</u> | 1 |
| 1.1. - L'aménagement éventuel de la Basse Vallée de la Seine en 1985 | 1 |
| 1.1.1. - Rappel des objectifs principaux | 1 |
| 1.1.2. - Les moyens virtuels | 2 |
| 1.2. - L'aménagement de la Basse Vallée de la Seine en l'An 2000 | 4 |
| 1.2.1. - Objectifs principaux | 5 |
| 1.2.2. - Les moyens virtuels | 5 |
| CONCLUSION | 6 |
| 2. - <u>LE TRAFIC VOYAGEURS EN 1985 DANS LA BASSE-SEINE</u> | 7 |
| 2.1. - Les données de base : 1965 | 7 |
| 2.1.1. - Les déplacements de personnes en 1965 | 7 |
| 2.1.2. - Les populations en 1954 et 1962 | 8 |
| 2.1.3. - Les emplois en 1962 | 8 |
| 2.1.4. - Le zonage | 8 |
| 2.1.5. - Le centre des zones | 10 |
| 2.1.6. - Conclusions | 10 |

.../...

| | | |
|--------|---|----|
| 2.2. | - Les prévisions du trafic de voyageurs en 1985 | 15 |
| 2.2.1. | - Méthode générale | 15 |
| 2.2.2. | - Les trafics de zone à zone (Paris exclu) | 15 |
| 2.2.3. | - Les trafics ayant Paris comme origine ou comme destination | 17 |
| 2.2.4. | - Elasticité de la demande transports en fonction du revenu | 18 |
| 3. | - <u>LE RESEAU SOUHAITABLE.</u> | 22 |

1. - LES OBJECTIFS DU SCHEMA D'AMENAGEMENT DE LA BASSE-SEINE.

Les tracés de lignes éventuelles de modes nouveaux de transport sont un des moyens d'atteindre les objectifs du schéma d'aménagement de la Basse-Seine. Il y a donc lieu de rappeler d'abord quelques un de ces objectifs. Ensuite le cheminement de l'étude qui permet d'envisager un tracé réel pour satisfaire à ces objectifs d'aménagement passe par la recherche d'un tracé virtuel. C'est le tracé qui ne tient compte que des intentions des aménageurs. Il ne tient pas encore compte des charges par tronçon qui peuvent se manifester sur le réseau.

Les objectifs du schéma d'aménagement et les tracés virtuels seront considérés ici sous deux angles : celui des activités, et celui des déplacements personnels.

Enfin un aperçu des objectifs d'aménagement en l'an 2000 complètera les réflexions sur quelques objectifs d'aménagement pour 1985.

1.1. - L'aménagement éventuel de la Basse Vallée de la Seine en 1985.

1.1.1. - Rappel des objectifs principaux.

a) Les objectifs concernant les activités.

Parmi les objectifs du schéma d'aménagement que nous avons retenu pour cette étude et concernant les activités, on retrouve :

- la Basse Vallée de la Seine complémentaire mais distincte de la région de Paris.

- Un renforcement de l'influence des services tertiaires des villes.
- Une complémentarité entre Rouen et le Havre.

b) Les objectifs concernant les actions personnelles.

En ce qui concerne les actions personnelles, on retrouve :

- La création de trois secteurs d'aménagement dans la Basse Vallée de la Seine. Le secteur amont, le secteur du Grand Rouen, le secteur aval.
- Une complémentarité avec Paris dans le domaine des loisirs
- La satisfaction des besoins de loisirs de plein air, à des distances raisonnables des zones urbanisées,

1.1.2. - Les moyens virtuels.

Ces moyens sont des tracés qui expriment virtuellement les déplacements éventuels des habitants.

a) Les moyens concernant les activités (Carte 1).

Ces moyens sont les tracés virtuels des déplacements pour les motifs concernant les activités. Nous les appellerons les motifs affaires.

Il semble que l'objectif de faire de la Basse Vallée de la Seine une zone distincte de Paris, implique en terme de tracé, le minimum de liaison entre les deux. Il ne devrait donc subsister que les tracés indispensables.

.../...

Les éléments régionaux semblent au moins imposer que le centre tertiaire supérieur important de la région, c'est à dire Rouen et ses environs, soit relié à Paris.

D'autre part, chercher que la Basse Vallée de la Seine soit complémentaire de Paris, implique évidemment un certain nombre d'échanges entre les deux régions. L'existence du tracé virtuel Rouen - Paris, et son prolongement jusqu'au Havre semble satisfaire à cet objectif.

Le renforcement de l'influence des services tertiaires des villes, impose naturellement un tracé virtuel de déplacements rayonnant autour d'elles.

Enfin la complémentarité des agglomérations de Rouen et du Havre semble avoir un caractère industriel dominant. En effet la vocation du Havre est orientée vers l'industrie portuaire et l'industrie lourde ; celle de Rouen vers l'industrie de transformation. Des tracés inter-zones industrielles satisfont bien à cette complémentarité.

b) Les moyens concernant les déplacements personnels. (Carte 2)

La volonté de créer trois secteurs à l'intérieur de la Basse-Seine, assez distincts pour faciliter l'aménagement de chacun d'eux implique qu'une "ambiance de connaissance" s'établissent à l'intérieur de ces secteurs. Cette "ambiance de connaissance" est celle qui se crée peu à peu lorsque plusieurs personnes se cotoient souvent, par exemple au moment des achats, pendant les loisirs etc... Il est normal de faire alors converger les déplacements de chaque secteur vers son centre le plus important ; pour la zone aval : le Havre ; pour la zone du Grand Rouen : Rouen. Pour le secteur amont le problème est différent : l'objectif de créer un secteur amont distinct des autres est nuancé par celui de ne pas

y favoriser le développement naturel de l'urbanisation. Donc on cherchera sans doute à renforcer l'influence de Rouen à l'ouest dans ce secteur. Ainsi théoriquement il en résulte un sous-peuplement au milieu de ce secteur sur une grande surface relative. Le moyen d'atteindre l'objectif propre à cette zone est d'étendre les tracés virtuels convergents vers Rouen et vers Paris un peu au delà des frontières du secteur amont.

Chercher une complémentarité avec Paris dans le domaine des loisirs suppose l'appui d'une infrastructure urbaine importante. Ces loisirs peuvent être notamment des loisirs culturels, dans le domaine du théâtre, des concerts... Il semble important, pour être complémentaires de Paris, que ces loisirs culturels de la Basse Seine soient dans un créneau des loisirs parisiens. Ceci suppose une certaine part de nouveautés dans ces domaines de la culture. Seul le grand nombre des habitants d'une zone fortement urbanisée peut en assurer l'existence avant d'attirer les parisiens. Rouen est la seule agglomération de la Basse-Seine pouvant assurer cette mission. Ainsi le tracé virtuel Paris - Rouen pour motif personnel vient renforcer la liaison pour motif affaires déjà établie.

Pour satisfaire les besoins de loisir de plein air à des distances raisonnables des zones urbanisées, les zones d'espaces verts placées en barrière intersecteur sont à utiliser. Les tracés virtuels de déplacement seront ceux qui relient les zones urbanisées de Rouen ouest et du Havre vers la forêt de Brotonne et celles de Rouen est vers les forêts du Lyons, de Bord etc...

1.2. - L'aménagement de la Basse Vallée de la Seine en l'an 2000.

Les objectifs de l'aménagement éventuel en l'an 2000 ne peuvent être abordés qu'aux niveaux les plus hauts. En effet le temps qui nous

sépare de cette date empêche de rentrer dans les détails. Ainsi nous ne distinguerons pas ici plusieurs types de motifs de déplacements.

1.2.1. - Objectifs principaux.

- La Basse Vallée de la Seine pourrait participer à l'activité internationale et seconder Paris, non seulement par le trafic de son port maritime mais par un nouveau trafic aérien international.
- Le secteur aval devrait étendre son influence sur la rive gauche. Celle-ci devrait s'exercer sur Caen par l'intermédiaire d'un centre fédérateur situé à Pont-Audemer.

1.2.2. - Les moyens virtuels.

a) L'objectif de renforcer la complémentarité de la Basse Seine avec Paris en matière de trafic aérien, pose le problème de la localisation d'un aéroport international. Faut-il le localiser relativement près de Paris, vers Etrepigny par exemple, ou au contraire l'éloigner pour mieux renforcer en même temps l'activité économique de la Basse-Seine et le localiser au sud de Louviers.

Nous avons seulement convenu que les tracés virtuels reliant Paris et Rouen à ces aéroports ne pouvaient pas être considérés en même temps et que le fait d'en choisir un pour une étude de tracé réel supprimait l'autre.

b) Les tracés virtuels permettant de satisfaire à l'objectif de faire de Pont-Audemer un centre fédérateur est un tracé rayonnant de cette origine vers les agglomérations importantes et secondaires, et vers la capitale.

Ainsi le Havre, Rouen, Evreux, Bernay, Lisieux, Caen et Paris seraient reliés à Pont-Audemer.

CONCLUSION.

Ces tracés ont été rassemblés sur la carte de la Basse-Seine (Carte 3). Il nous serviront à constituer le réseau de transport avec la carte des flux de transport.

2. - LE TRAFIC VOYAGEURS EN 1985 DANS LA BASSE SEINE.

On cherche maintenant à prévoir les déplacements tout mode de personnes en 1985 dans la Basse-Seine.

2.1. - Les données de base : 1965

On connaît :

2.1.1. - Les déplacements de personnes en 1965.

Les déplacements ont été calculés par l'Organisme Technique Régional de Rouen. Ils sont donnés dans un découpage en 16 zones. On utilise deux matrices qui donnent les origines-destinations deux sens réunis et pour tout mode. La première, $R_1 + S_1 - M$, donne des origines-destinations (O.D.) des déplacements de personnes ayant pour motif les affaires.

- le chiffre 1 correspond au motif affaires ;
- R représente les déplacements de personnes par route (véhicules particuliers et transports en commun) ;
- S représente les déplacements de personnes par chemin de fer ;
- M représente les migrations alternantes.

La seconde, $R_z + S_z$, donne les O.D. des déplacements de personnes pour motif personnel.

Il faut noter que tous les chiffres donnés dans ces matrices ne sont pas significatifs.

2.1.2. - Les populations en 1954 et 1962.

Les populations en 1954 et 1962 sont données dans l'étude de population et d'emploi de la Basse-Seine, à partir des recensements. Pour obtenir la population 1965, on a simplement fait une extrapolation linéaire. D'autre part, ces populations, sont données dans un découpage en 50 zones qui ne coïncide que partiellement avec le découpage précédent en 16 zones.

2.1.3. - Les emplois en 1962.

Les emplois en 1962 sont donnés dans l'étude de population et d'emploi de la Basse-Seine, également dans le découpage en 50 zones. On a pris en compte les emplois dans le secteur secondaire, dans le secteur tertiaire, et dans les transports ; on a supposé que la proportion d'emplois par rapport à la population totale était identique en 1962 et en 1965.

2.1.4. - Le zonage.

Les deux zonages ne coïncident que partiellement on a été amené à établir un certain nombre de correspondances de façon à réduire le zonage de l'OREAM en 50 zones (carte 4) à celui de l'OTR en 16 zones (carte 5). Ces correspondances sont données dans le tableau I. On y voit notamment que l'on a éliminé les 4 zones du découpage OTR les plus extérieures à la Basse-Seine (carte 6).

TABLEAU I

Correspondances entre le zonage OTR et le zonage OREAM

| Zonage DDR | Zonage OREAM |
|------------|---|
| 1 | 34, 35, 37 |
| 2 | 40 |
| 3 | 26, 27, |
| 4 | 1/3 de 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36 |
| 5 | 17, 18, 21, 22, |
| 6 | 16, 20, |
| 7 | 1/2 de 5, 13, 14, |
| 8 | 3, 10, 11, 12, |
| 9 | 1/2 de 5, 6, 7, |
| 10 | 1, 2, 4, |
| 11 | 8, 9, 50, |
| 14 | 38, 39, 40, 43, 44, 45, 1/2 de 46, |

2.1.5. - Le centre des zones.

On a déterminé ensuite le centre des 12 zones retenues, ceci, de façon à pouvoir déterminer les distances de zone à zone. Les centres zones choisis sont indiqués dans le tableau II.

TABLEAU II

Centre des Zones

| | | | |
|--------|---|--------|-------------|
| Zone 1 | : | Centre | Evreux |
| 2 | : | | Les Andelys |
| 3 | : | | Elbeuf |
| 4 | : | | Rouen |
| 5 | : | | Bernay |
| 6 | : | | Pavilly |
| 7 | : | | Lisieux |
| 8 | : | | Bolbec |
| 9 | : | | Deauville |
| 10 | : | | Le Havre |
| 11 | : | | Caen |
| 14 | : | | Paris |

2.1.6. - Conclusions.

En ce qui concerne les déplacements de personnes en 1965 dans la Basse-Seine on a donc un découpage en 12 zones dans lequel on a :

- a) Les déplacements de personnes tout mode pour deux motifs :
affaires (Tableau III) et personnels (Tableau IV)

b) Les emplois et les populations (tableau V)

TABLEAU V

Population et emplois par zones

| Zone | Population | Emplois à l'exclusion de l'emploi primaire |
|------|------------|--|
| 1 | 112.296 | 44.572 |
| 2 | 44.400 | 11.049 |
| 3 | 66.347 | 23.911 |
| 4 | 452.786 | 180.169 |
| 5 | 61.503 | 18.782 |
| 6 | 69.271 | 21.449 |
| 7 | 73.636 | 21.867 |
| 8 | 106.448 | 29.632 |
| 9 | 80.586 | 171.154 |
| 10 | 277.484 | 104.013 |
| 11 | 602.200 | 167.159 |
| 14 | 9.052.100 | 4.260.996 |

c) Les distances de centre zone à centre zone en km. Les zones ont été calculées à partir du réseau routier actuel (Routes à grande circulation), les distances sont données dans le tableau VI.

.../...

2.2. - Les prévisions du trafic de voyageurs en 1985.

2.2.1. - Méthode générale.

Connaissant pour 1965, pour le motif affaires (indice 1) et le motif personnel (indice 2), les déplacements de voyageurs de zone à zone (T_{ij}), les populations pour chacune des zones (P_i, P_j), les emplois (E_i, E_j), les distances de zone à zone (D_{ij}), il s'agit de déterminer pour 1985, date pour laquelle on connaît les populations et les emplois par zone (cf. Tableau 7), les déplacements de voyageurs.

Pour cela on a été amené à considérer à part les trafics ayant Paris (Zone 14) comme origine ou comme destination.

2.2.2. - Les trafics de zone à zone (Paris exclu)

a) on exprime les trafics tout mode dus aux motifs professionnels (T_{ij}^1)

en fonctions de E_i, E_j , et de D_{ij} par une formule gravitaire; on a donc :

$$T_{ij}^1 = \frac{A^1 (E_i E_j)^{\alpha^1}}{D_{ij}^{\beta^1}}$$

La connaissance de $T_{ij}^1, E_i, E_j, D_{ij}$ en 1965 permet de calculer la constante A^1 et les coefficients $\alpha^1; \beta^1$ qui permettent de calculer les trafics 1985. Les coefficients ont été calculés en tenant compte uniquement des valeurs de T_{ij}^1 significatives supérieures à 90. De plus, la valeur T_{4-6}^1 n'a été considérée comme significative. Les valeurs obtenues sont les suivantes :

.../...

TABLEAU VII

Population et emplois par zone en 1985

| Zones | Population | Emplois à l'exclusion de l'emploi primaire |
|-------|------------|--|
| 1 | 175.000 | 68.200 |
| 2 | 50.000 | 20.300 |
| 3 | 90.000 | 37.050 |
| 4 | 626.500 | 248.350 |
| 5 | 98.000 | 26.100 |
| 6 | 93.000 | 30.250 |
| 7 | 125.000 | 42.100 |
| 8 | 159.000 | 48.450 |
| 9 | 105.000 | 33.600 |
| 10 | 400.000 | 172.350 |
| 11 | 730.000 | 223.800 |
| 14 | 10.891.000 | 4.954.500 |

$$\begin{array}{ll}
 A^1 = 4.41120 & \\
 \alpha^1 = 0.45989 & \text{Coefficient de} \\
 \beta^1 = 2.09240 & \text{corrélation = } 0.74427
 \end{array}$$

b) On exprime de même les trafics tout mode pour motif personnel (T_{ij}^2) en fonctions de P_i , P_j , et de D_{ij} . On a donc :

$$T_{ij} = \frac{A^2 (P_i P_j)^{\alpha^2}}{D_{ij} \beta^2}$$

La constante A^2 et les coefficients α^2 et β^2 ont été calculés dans les mêmes conditions que précédemment. Les valeurs obtenues sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll}
 A^2 = 1.69695 & \\
 \alpha^2 = 0.45956 & \text{Coefficient de} \\
 \beta^2 = 1.74933 & \text{corrélation = } 0.81878
 \end{array}$$

2.2.3. - Les trafics ayant Paris comme origine ou comme destination.

En ce qui concerne les trafics, on s'est aperçu que la distance ne jouait aucun rôle dans les déplacements. On a considéré d'autre part que la relation T_{14-4} était significative.

a) On exprime donc les déplacements à motif affaires en fonction des emplois E_i , E_j on a :

$$T_{ij}^1 = A^1 (E_i E_j)^{\alpha^1}$$

Les valeurs obtenues sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll} A^1 = 15.48606 & \text{Coefficient de} \\ \alpha^1 = 0.81329 & \text{corrélation} = 9.90052 \end{array}$$

b) On exprime les déplacements à motif personnel en fonction des populations P_i, P_j . On a :

$$T_{ij} = A^2 (P_i \cdot P_j)^{\alpha^2}$$

Les valeurs obtenues sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll} A^2 = 11.98660 & \text{Coefficient de} \\ \alpha^2 = 0.65526 & \text{corrélation} = 0.70041 \end{array}$$

2.2.4. Elasticité de la demande transports en fonction du revenu.

On introduit alors le paramètre croissance du revenu dans le modèle de prévision des trafics 1985 ; en effet, la demande D de transport est liée dans une certaine mesure au revenu moyen par tête d'habitant. On peut exprimer cette liaison par le rapport :

$$e = \frac{\frac{D_{85} - D_{65}}{D_{65}}}{\frac{R_{85} - R_{65}}{R_{65}}}$$

où e exprime l'élasticité de la demande de transport par rapport au revenu, D la demande de transport, R le revenu moyen par tête.

Cette élasticité prend des valeurs différentes suivant le motif du déplacement. Une étude de la SETEC (Etude 1963 réalisée pour l'Aéroport de Paris) donne les valeurs suivantes pour e suivant le motif du déplacement :

- motif personnel : $e = 0,5$

- motif professionnel : $e = 2$

On suppose qu'entre 1965 et 1985 le revenu moyen aura doublé.

Dans ces conditions
$$\frac{R_{85} - R_{65}}{R_{65}} = 1$$

d'où $e = \frac{D_{85} - D_{65}}{D_{65}}$

On a alors $D_{85} = D_{65} (1 + e)$.

Pour les déplacements à motif personnel, la demande 1985 sera donc égale $D_{65} \times 1,5$.

Pour les déplacements à motif affaires la demande 1985 sera donc égale à $D_{65} \times 3$.

Les déplacements 1985 sont donnés dans les deux tableaux suivants :

3. - LE RESEAU SOUHAITABLE.

Le réseau souhaitable de transport résulte de la combinaison de l'ensemble des lignes d'intention et de l'ensemble des lignes de flux.

L'intersection de ces deux ensembles (existence entre deux zones à la fois d'une ligne de flux et d'une ligne d'intention) est figurée sur la carte 9 pour le motif affaires, et sur la carte 10 pour le motif personnel. Les cartes indiquent les lignes de force du réseau minimum de transport.

La carte 11 représente l'union des intentions et des flux, tous motifs. Elle fait apparaître d'une part les flux qui ne correspondent à aucune intention, et d'autre part les intentions qui ne se concrétisent par aucun flux.

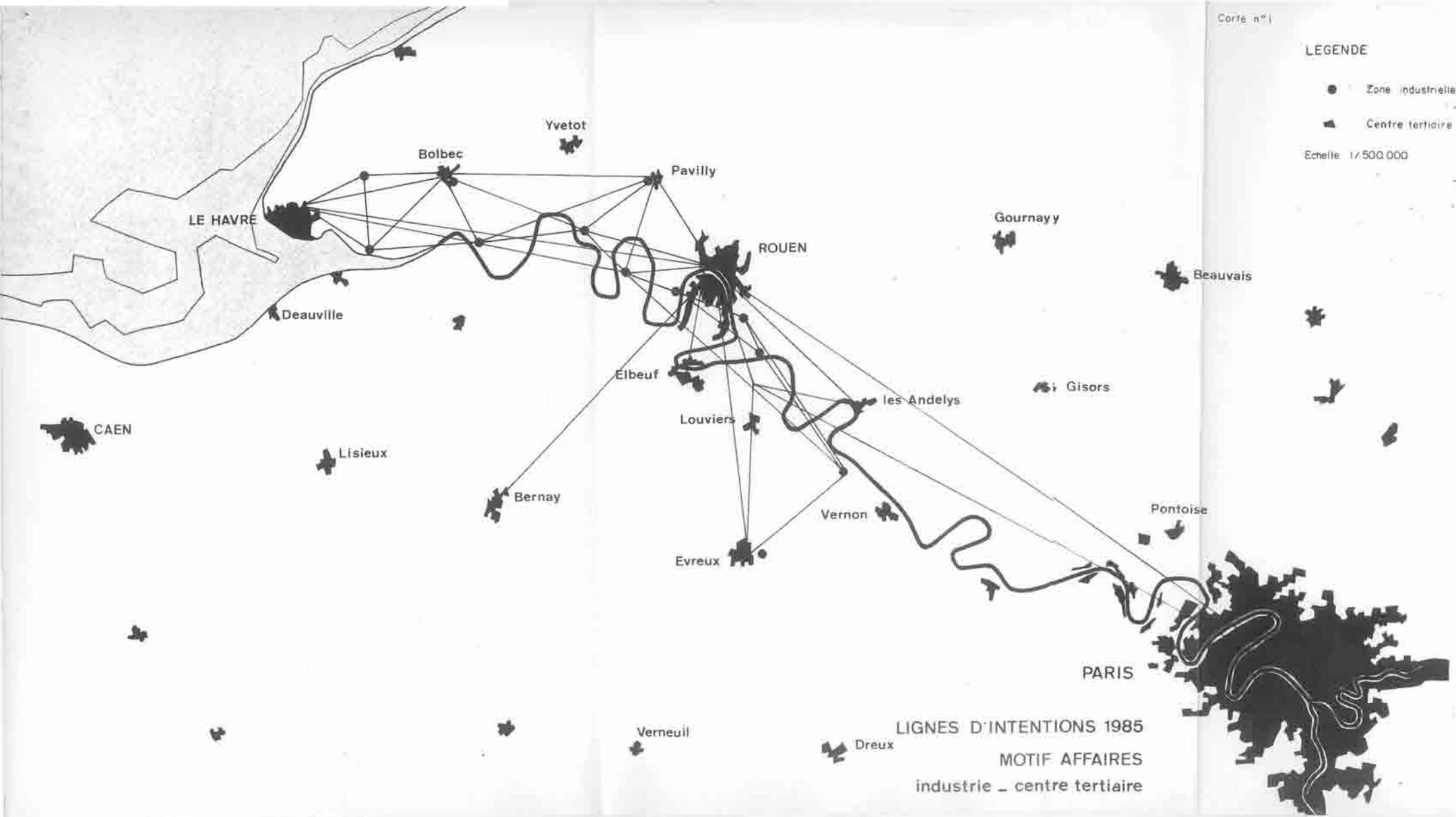
En ce qui concerne les lignes d'intention on a pris celles qui paraissent les plus importantes pour chacun des deux motifs (affaires - personnel). De même pour les lignes de flux on a conservé les plus importantes on a tenu compte des flux supérieurs ou égaux à 2000 pour le motif affaires et ceux supérieurs ou égaux à 1000 pour le motif personnel.

Dans la mesure du possible, le réseau de transport devra s'efforcer de faire se rejoindre lignes d'intention et lignes de flux.

LEGENDE

- Zone industrielle
- ✱ Centre tertiaire

Echelle 1/500 000

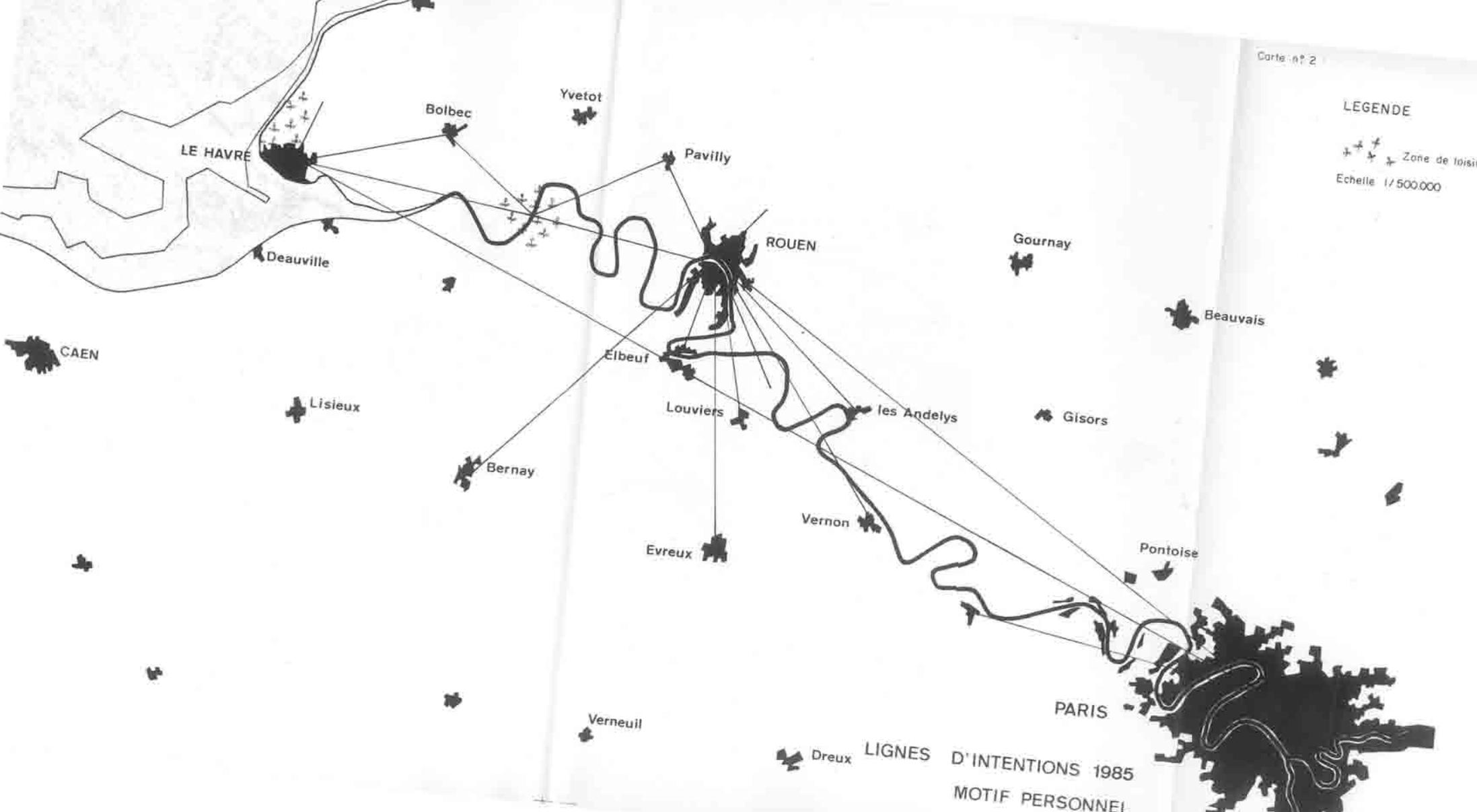


LIGNES D'INTENTIONS 1985
MOTIF AFFAIRES
industrie - centre tertiaire

LEGENDE

✦ ✦ ✦ Zone de loisirs

Echelle 1/500.000



LIGNES D'INTENTIONS 1985
MOTIF PERSONNEL

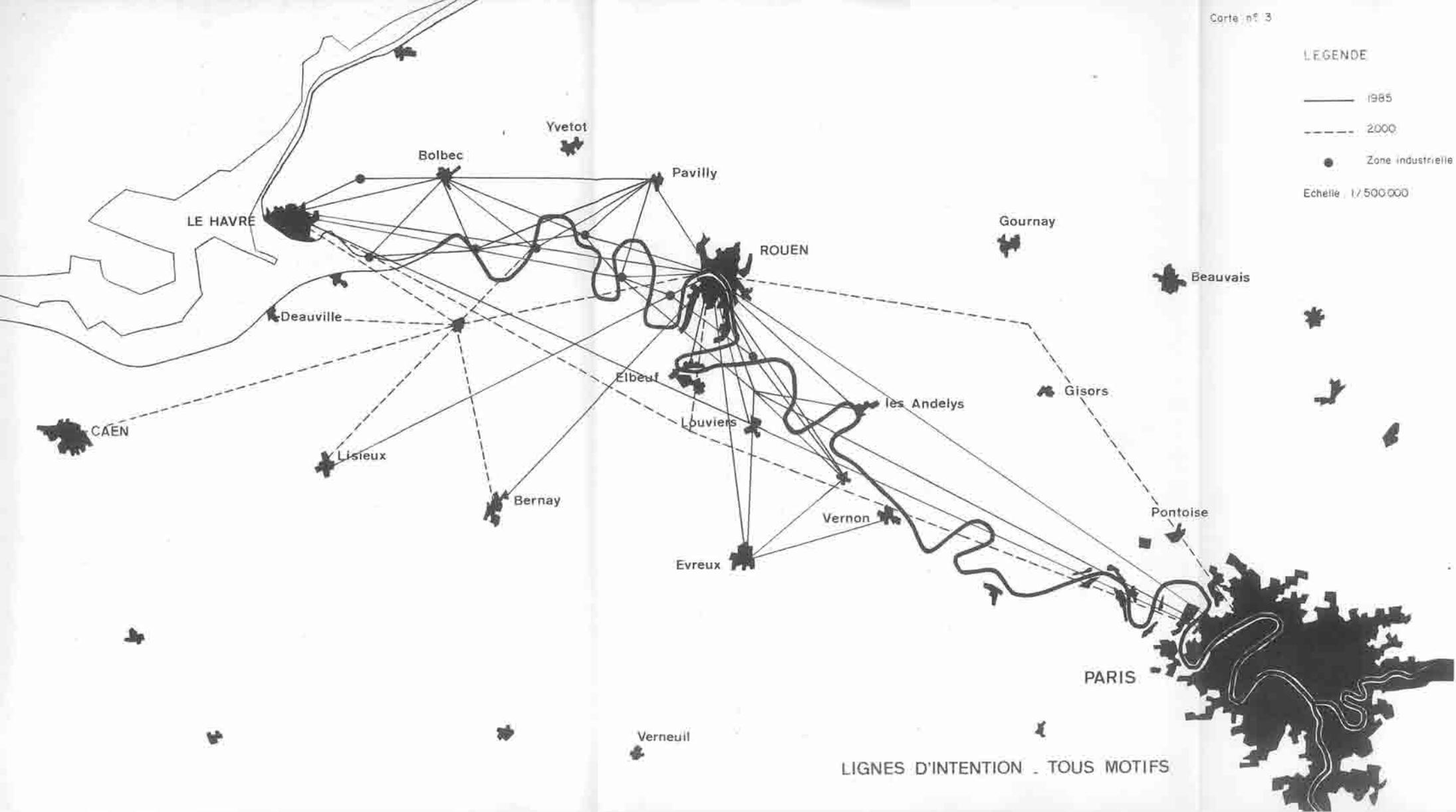
LEGENDE

— 1985

- - - 2000

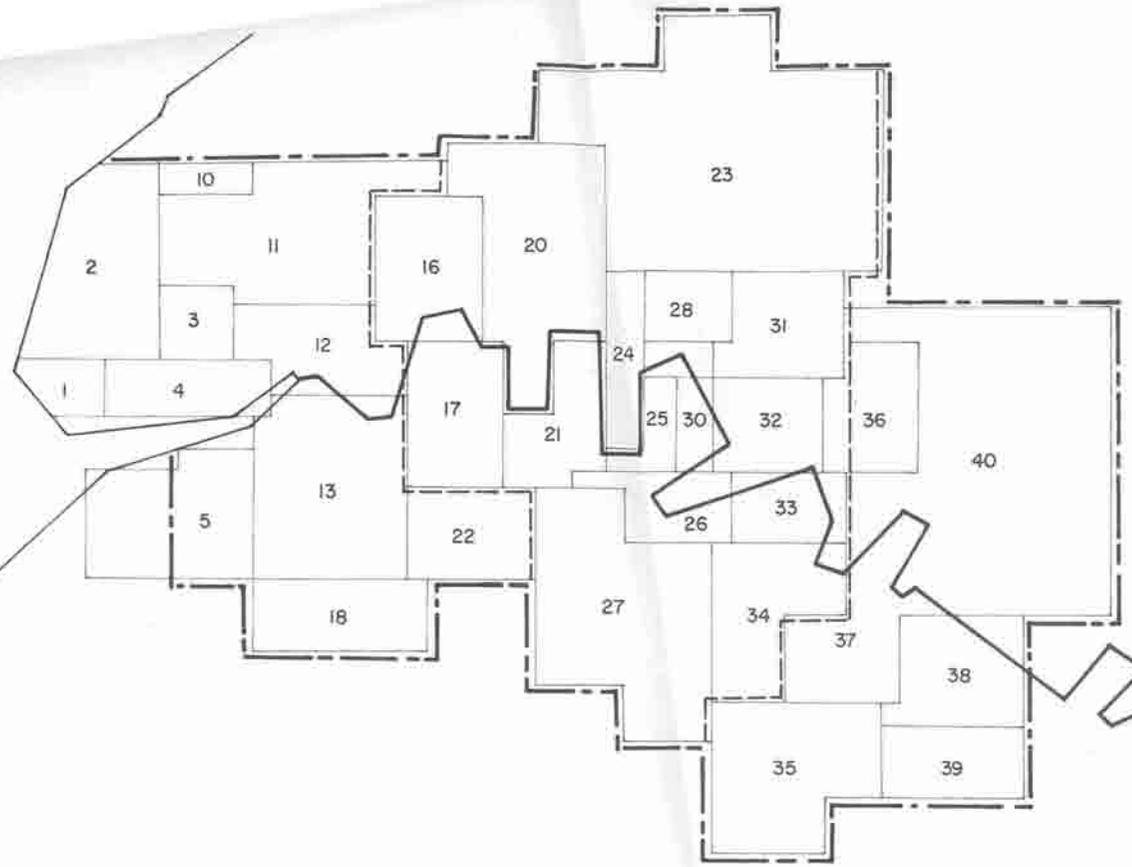
● Zone industrielle

Echelle : 1/500 000



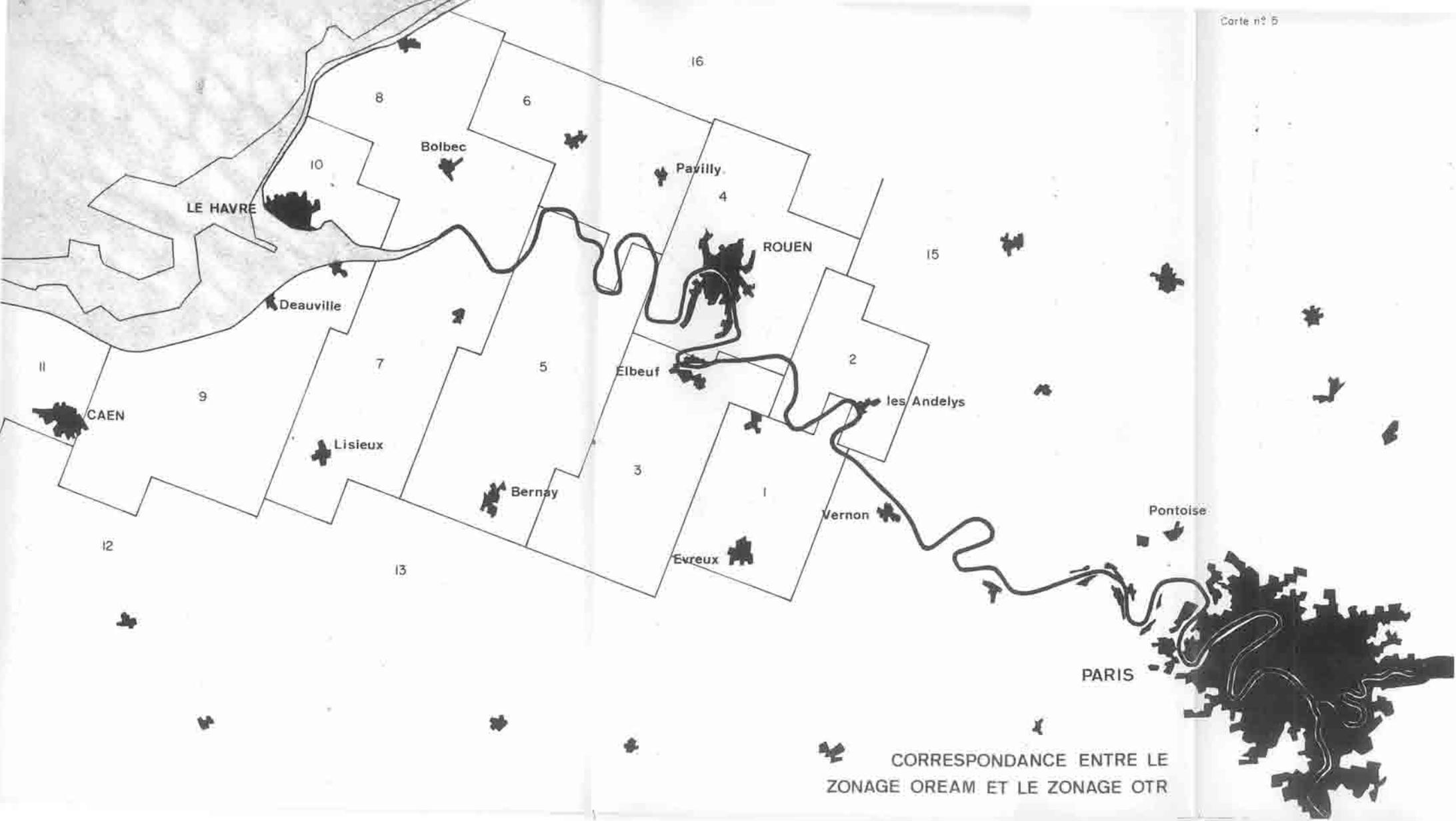
LIGNES D'INTENTION - TOUS MOTIFS

--- Limite de zone
- - - Limite de la Basse Seine
— Sous secteur
Echelle : 1/500000

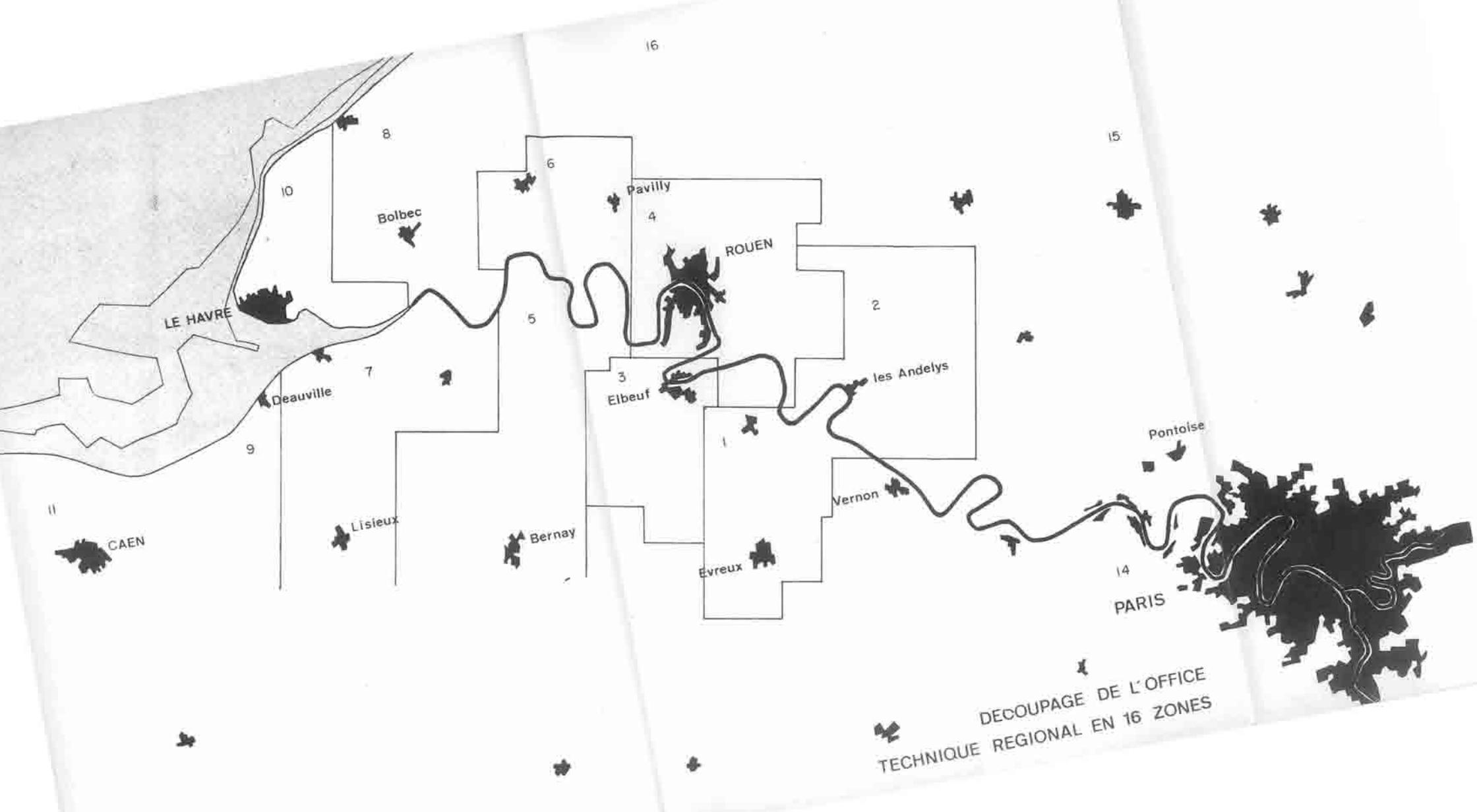


ZONAGE OREAM
40 zones





CORRESPONDANCE ENTRE LE ZONAGE OREAM ET LE ZONAGE OTR



16

15

LE HAVRE

10

Bolbec

7

9

Deauville

Lisieux

Bernay

5

Elbeuf

Evreux

Pavilly

4

ROUEN

Vernon

2

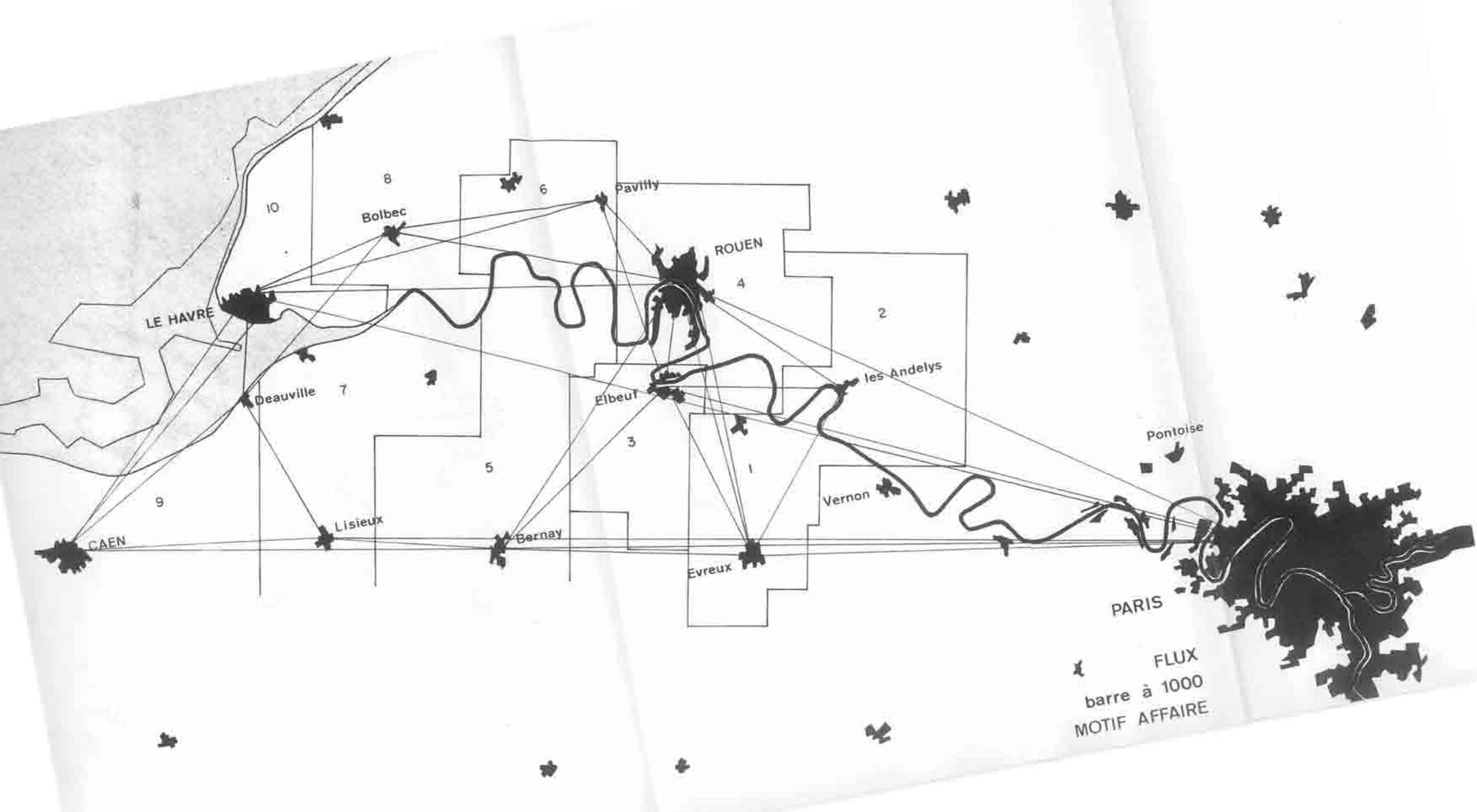
les Andelys

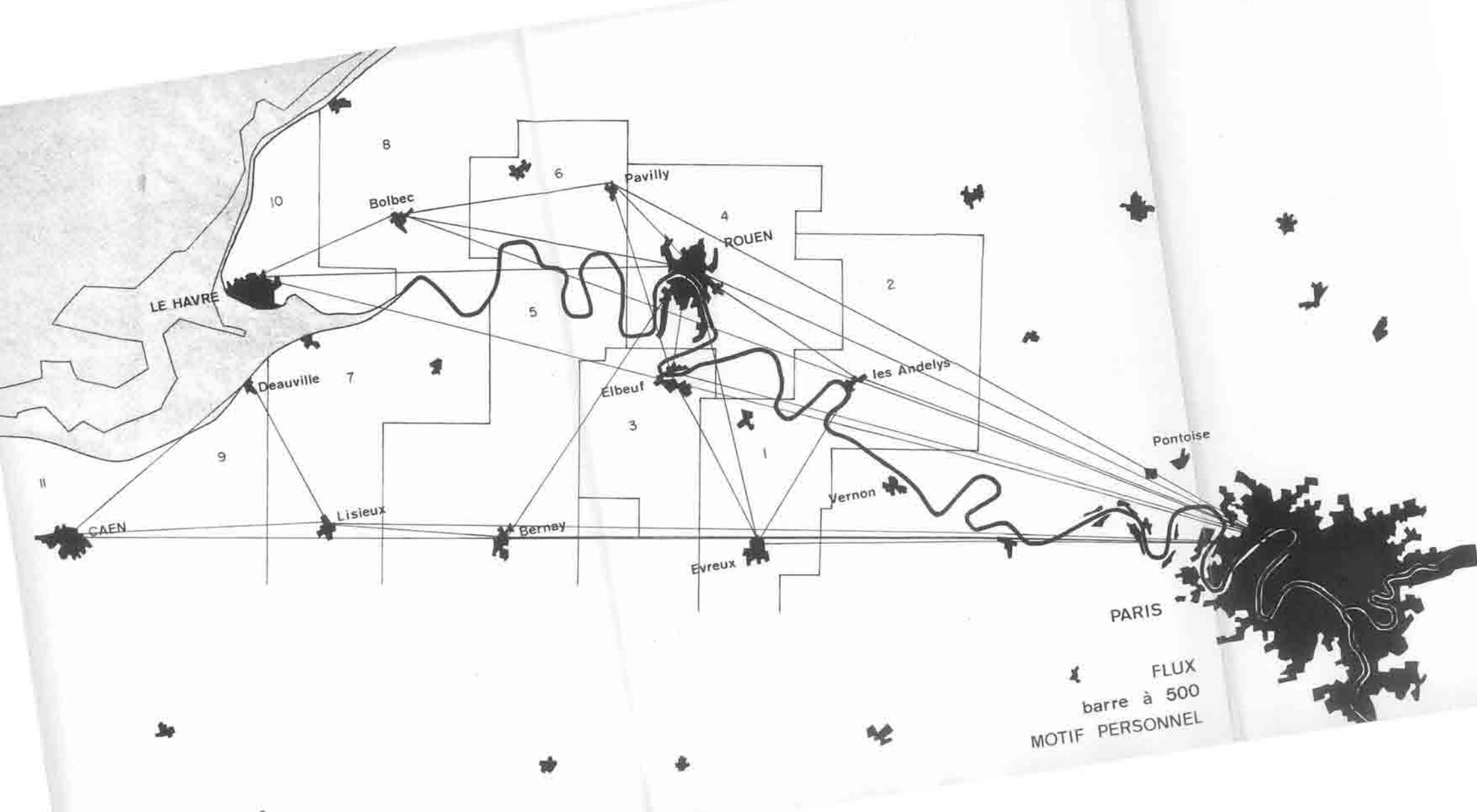
Pontoise

14

PARIS

DECOUPAGE DE L'OFFICE
TECHNIQUE REGIONAL EN 16 ZONES



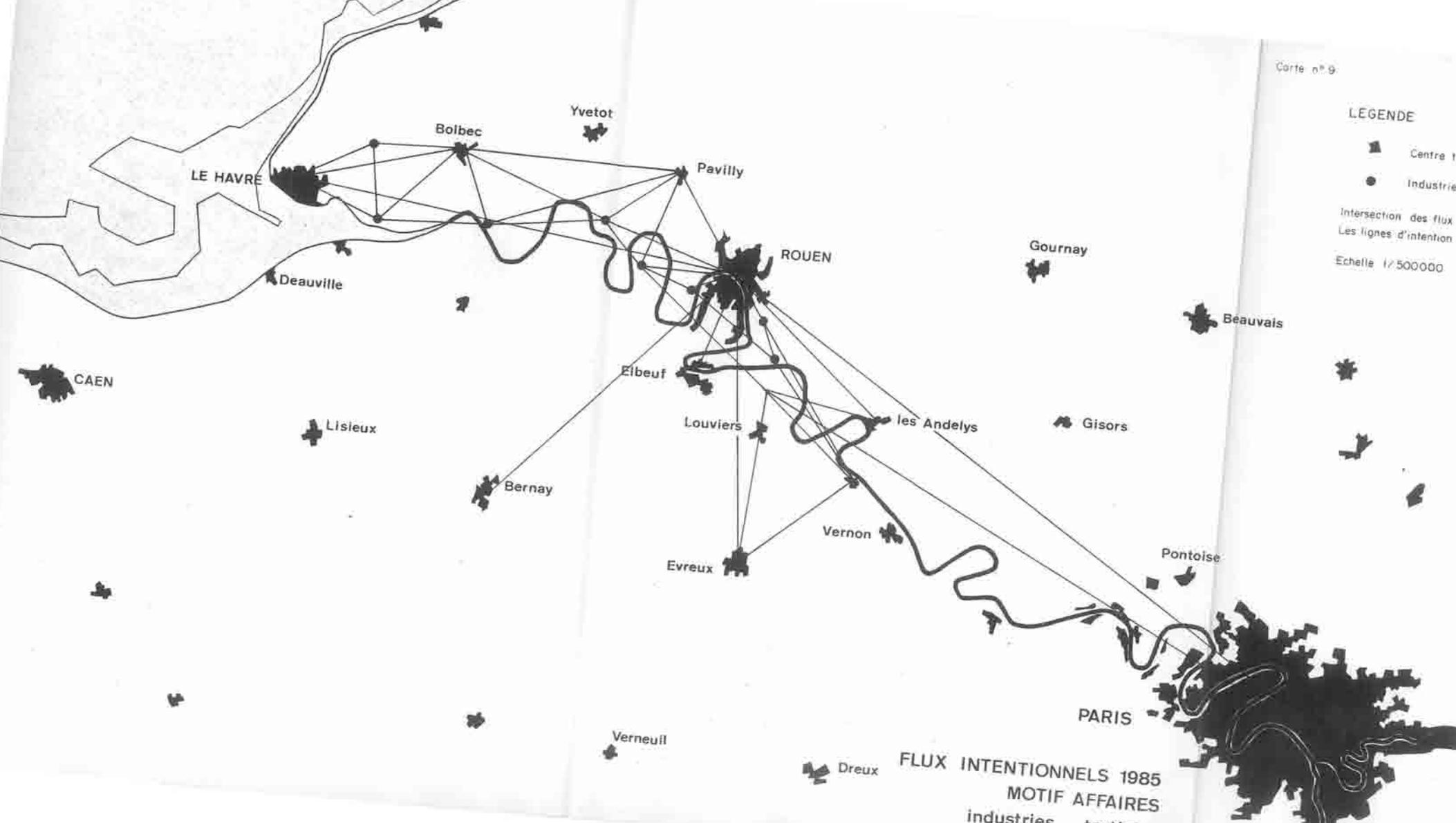


LEGENDE

- Centre tertiaire
- Industrie

Intersection des flux et des lignes
Les lignes d'intention sont réparties

Echelle 1/500000



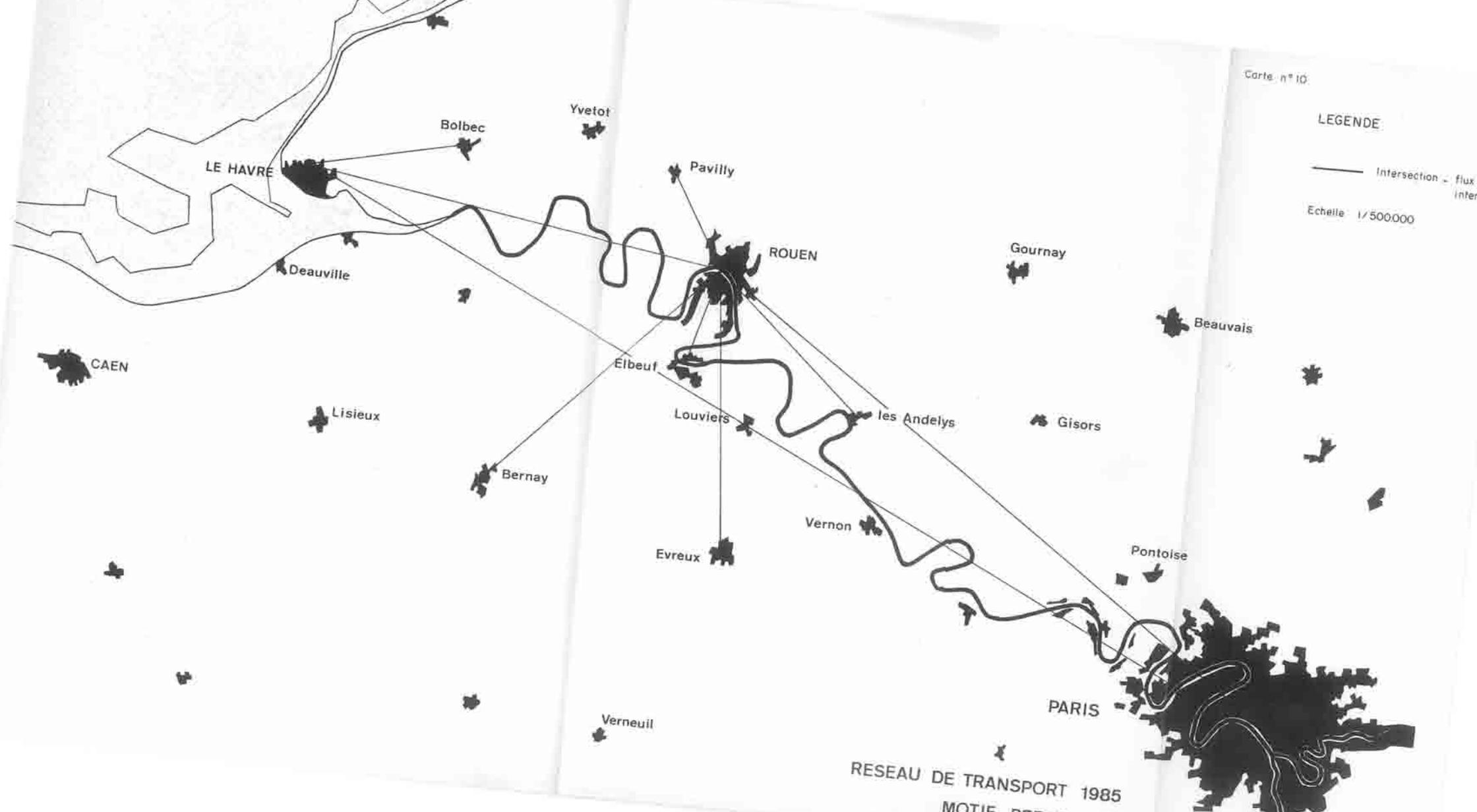
FLUX INTENTIONNELS 1985
MOTIF AFFAIRES
industries - tertiaire

Carte n° 10:

LEGENDE:

— Intersection - flux
Inter

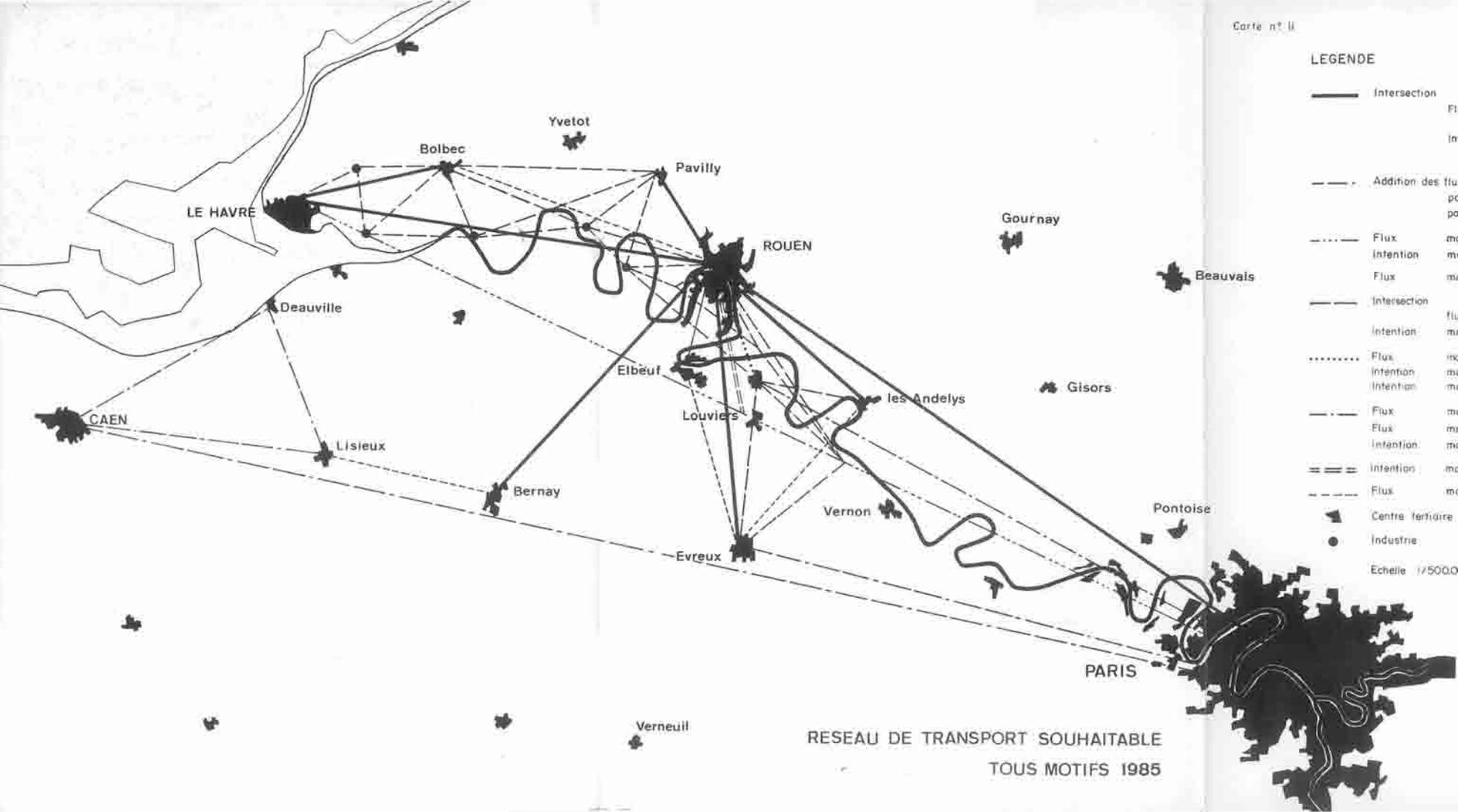
Echelle 1/500000



RESEAU DE TRANSPORT 1985
MOTIF...

LEGENDE

- Intersection
- Flux, motif personnel
motif affaire
- Intention, motif personnel
motif affaire
- - - Addition des flux
- pour motif personnel = barre à 1000
- pour motif affaire = barre à 2000
- Flux motif personnel
- Intention motif personnel
- Flux motif affaire
- Intersection
- Intention flux motif affaire
- Intention motif affaire
- Flux motif affaire
- Intention motif personnel
- Flux motif affaire
- Flux motif personnel
- Intention motif affaire
- ==== Intention motif personnel
- - - Flux motif affaire
- ▲ Centre tertiaire
- Industrie
- Echelle 1/500.000



RESEAU DE TRANSPORT SOUHAITABLE
TOUS MOTIFS 1985

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT

Service
des Affaires Economiques et
Internationales

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE

FASCICULE N° 3.

SCHEMAS DE TRANSPORT

Analyse systématique :
Les modes réels de transport.

AVRIL 1968

11/11/1968

ANALYSE SYSTEMATIQUE : LES MODES REELS DE TRANSPORT

| | <u>Pages</u> |
|---|--------------|
| 1. - <u>GENERALITES</u> | 24 |
| 2. - <u>ANALYSE SYSTEMATIQUE DES TRANSPORTS TERRESTRES</u> | 26 |
| 2.1. - Analyse systématique | 26 |
| 2.1.1. - Le réseau | 27 |
| 2.1.2. - L'infrastructure | 28 |
| 2.1.3. - Le véhicule | 30 |
| 2.1.4. - Les accès | 32 |
| 2.1.5. - Suspension | 32 |
| 2.1.6. - La propulsion | 32 |
| 2.1.7. - Conclusion et résumé | 34 |
| 2.2. - Détermination des sous-systèmes de transports retenus | 34 |
| 2.2.1. - Technologie 1985 | 34 |
| 2.2.2. - Technologie 2000 | 40 |
| 2.3. - Détermination des modes de transports terrestres | 42 |
| 3. - <u>LES AUTRES TRANSPORTS.</u> | 44 |
| 3.1. - Les transports aériens | 44 |
| 3.2. - Les transports de voyageurs par eau (en 1985) | 44 |

1. - GENERALITES : Des objectifs aux modes concrets par l'analyse systématique.

Il est maintenant nécessaire de déterminer comment techniquement il est possible de fabriquer des modes réels de transport répondant aux objectifs fixés - ici transport de voyageurs entre 50 et 200 km -. Les combinaisons élémentaires de sous-ensembles, grâce auxquelles on peut définir un mode réel, doivent être explorées systématiquement afin de s'assurer de l'exhaustivité. La méthode employée pour ce faire est l'analyse systématique développée en premier par la Rand aux Etats-Unis.

Les transports peuvent être décrits selon un graphe hiérarchisé des moyens (1). Le tableau I présente un tel graphe.

Dans un tel graphe chaque point d'un niveau quelconque est une combinaison de points du niveau inférieur :

- L'ensemble des transports comprend tous les systèmes de transport ;
- Un système de transport comprend plusieurs modes de transport ;
- Un mode de transport est composé de plusieurs sous-systèmes ;
- Un sous-système est une réunion de technologies élémentaires ;

Par exemple, pour effectuer un transport inter-régional (système de transport), on utilise plusieurs modes de transport (marche, métro, train, taxi) ; le train (mode) comporte un réseau, une infrastructure, un véhicule, une propulsion, etc... (sous-systèmes) ; la propulsion (sous-système) peut être diésel ou électrique (technologies élémentaires).

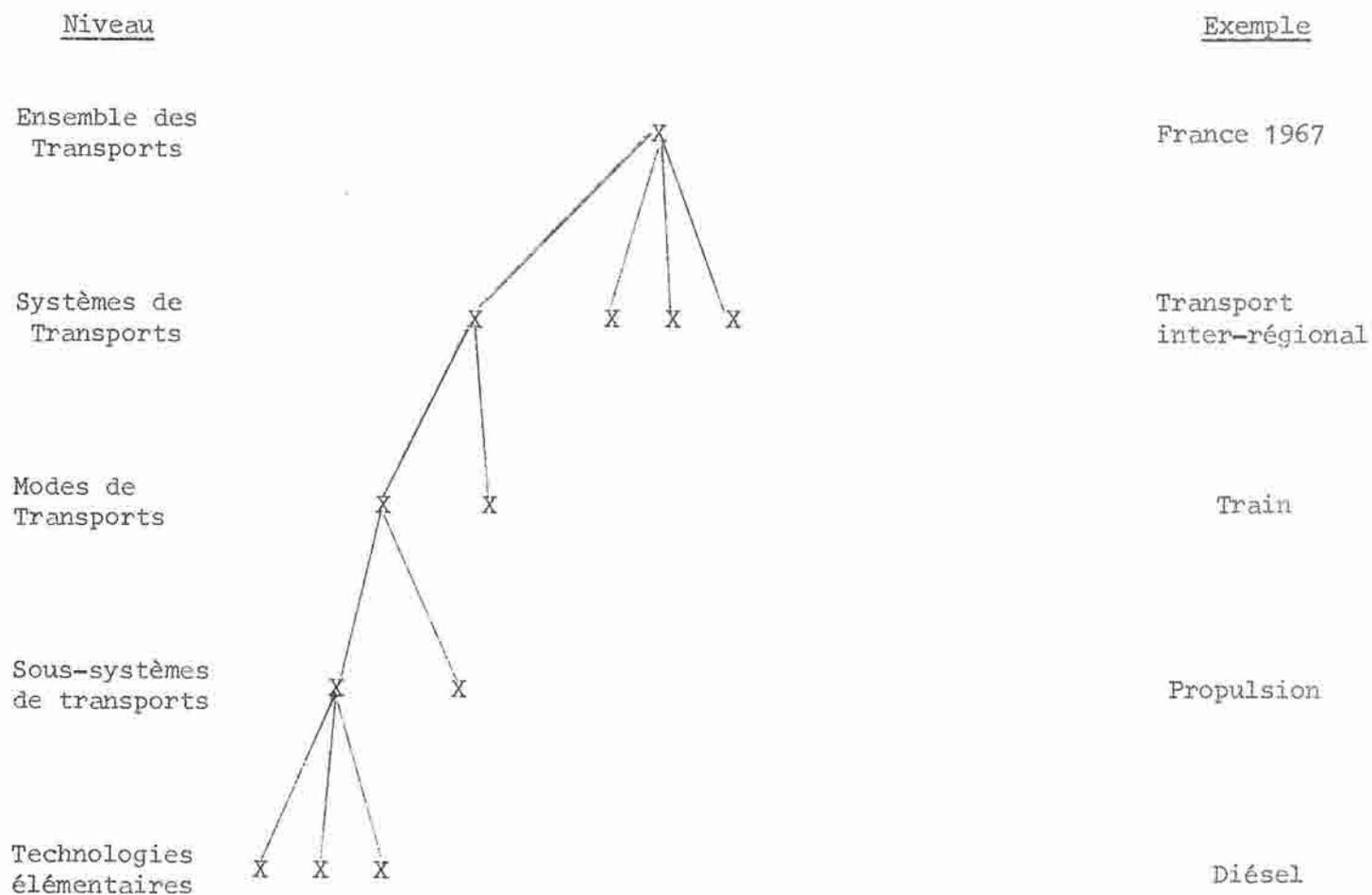
Cette analyse peut être faite pour les transports terrestres aériens et par eau.

.../...

- (1) Référence : Une méthode pour la sélection des programmes de recherche et de développement par H. de l'Estoile, D. Lecerf, G. Gastaut.
Long Range Planning - Rotterdam - Septembre 1967.

TABLEAU I -

Graphe hiérarchisé des
Transports dans le plan des moyens



2. - ANALYSE SYSTEMATIQUE DES TRANSPORTS TERRESTRES.

=====

Cette analyse est reprise d'une étude effectuée par le M.I.T. pour le North East Corridor Project (1).

Elle permet de passer des objectifs aux modes concrets par l'intermédiaire des sous-systèmes de transport et des technologies élémentaires. En un premier temps il est nécessaire de réaliser une analyse exhaustive des possibilités dont la combinaison conduit à un nombre très important de modes de transport (de l'ordre de plusieurs millions). Il est alors nécessaire, en un second temps, d'éliminer la plupart des combinaisons afin d'aboutir à un nombre raisonnable de modes à étudier.

2.1. - Analyse systématique.

Les sous-systèmes de transport composant le mode sont les suivants :

- réseau,
- infrastructure avec ou sans guidage, (le degré de liberté)
- véhicule,
- accès pour les passagers,
- accès pour les automobiles (et le fret éventuel),
- accès pour les bagages,
- suspension,
- propulsion.

Pour chaque sous-système plusieurs technologies élémentaires sont possibles : il faut les énumérer exhaustivement et préciser les critères qui permettront de les classer.

.../...

(1) Survey of Technology for High Speed Ground Transport
MIT - Juin 1965.

2.1.1. - Le réseau.

a) Énumération des technologies élémentaires.

L'énumération des technologies élémentaires se fait en croisant la forme du réseau (ligne unique, ligne unique avec boucles, réseau) la nature du trafic (direct, avec arrêts intermédiaires) et les possibilités de correspondre dans les deux derniers cas (transferts, échange).

On obtient ainsi le tableau II.

b) Critères.

Les critères essentiels sont la vitesse et la fréquence pour les trafics locaux et directs. Ces caractéristiques sont liés au nombre d'arrêts. Avec les notations suivantes, sur une ligne unique, on a :

données : n nombre d'arrêts supposés équidistants

t_0 temps d'arrêts

V_0 vitesse de croisière

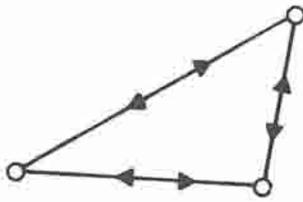
a_0 accélération et décélération tolérable (en g)

D distance totale

inconnues : T temps total de porte à porte

t temps d'accélération ou de décélération $t = \frac{V_0}{a_0 g}$

.../...

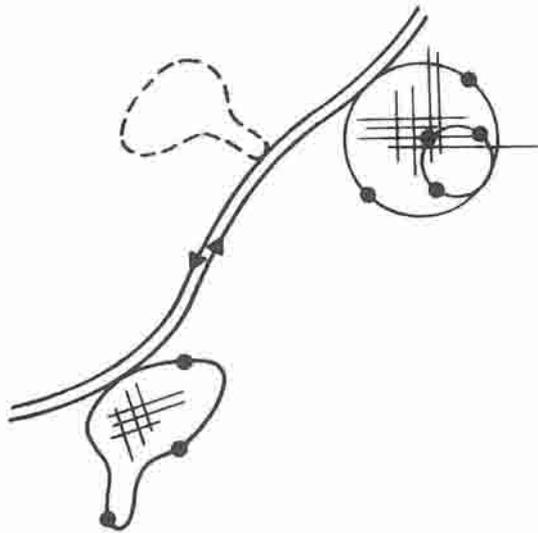


Triangle
Minimum travel time

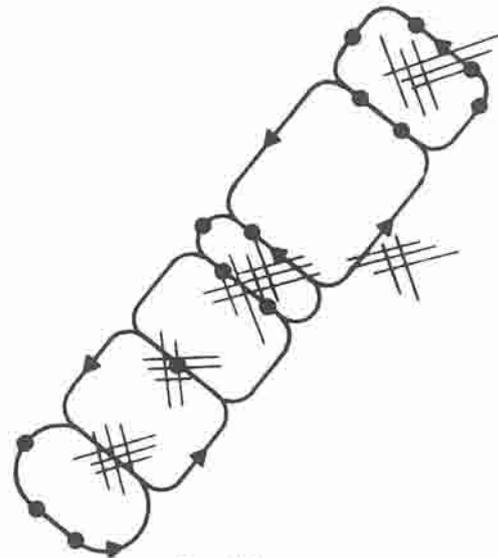


Star
Minimum guideway mileage

Direct connections

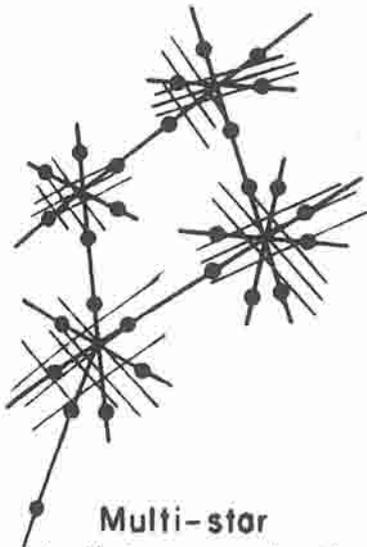


Spine and loops
Flexibility and evolution

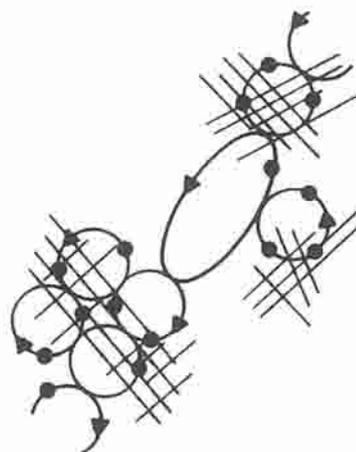


Ladder
Glideway mileage reduction

Intercity with distribution



Multi-star
Travel distance reduction

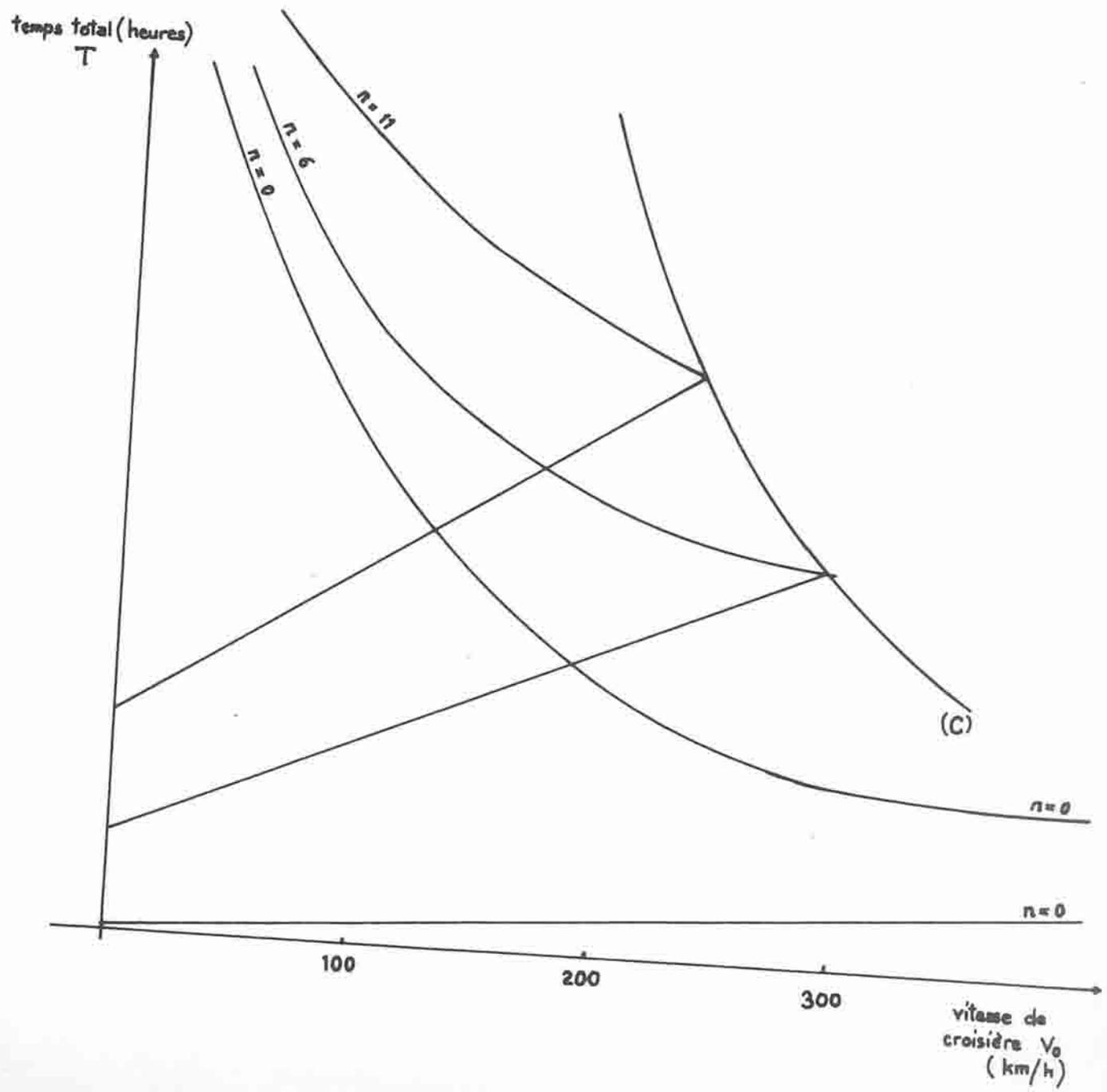


Linked chain
Transfers meshed

Distribution dominant

Some examples of network configurations

GRAPHIQUE 1



t temps total d'accélération, décélération arrêt :

$$\sum t = 2 (n - 1) \frac{V_o}{a_o g} + (n-2) t_o$$

$$\sum x \text{ distance parcourue en décélération } x = \frac{V_o^2}{2 a_o g}$$

$$\sum x \text{ distance totale parcourue en décélération ou accélération } \sum x = (n - 1) \frac{V_o^2}{a_o g}$$

$$x \geq 0 \text{ si } \frac{D}{n - 1} - \frac{V_o^2}{a_o g} > 0$$

t_1 temps de parcours à pleine vitesse :

$$t_1 = \frac{x}{V_o} = \frac{D}{V_o} - (n - 1) \frac{V_o}{a_o g}$$

$$T = t_1 + \sum t = \frac{D}{V_o} + (n - 1) \frac{V_o}{a_o g} + (n - 1) t_o$$

avec comme condition $\frac{D}{V_o} - \frac{(n - 1) V_o}{a_o g} \geq 0$ ou $T \geq \frac{2 (n - 1) V_o}{a_o g} + (n - 1) t_o$

Exemple : $a_o = 0,05$

$$D = 100 \text{ km}$$

$$t_o = 3' = \frac{1}{20} \text{ h}$$

$$T = \frac{100}{V_o} + (n - 1) \frac{V_o}{6480} + \frac{n - 1}{20}$$

$$\text{condition } T \geq \frac{2 (n - 1) V_o}{6480} + \frac{n - 1}{20}$$

cf. graphique 1

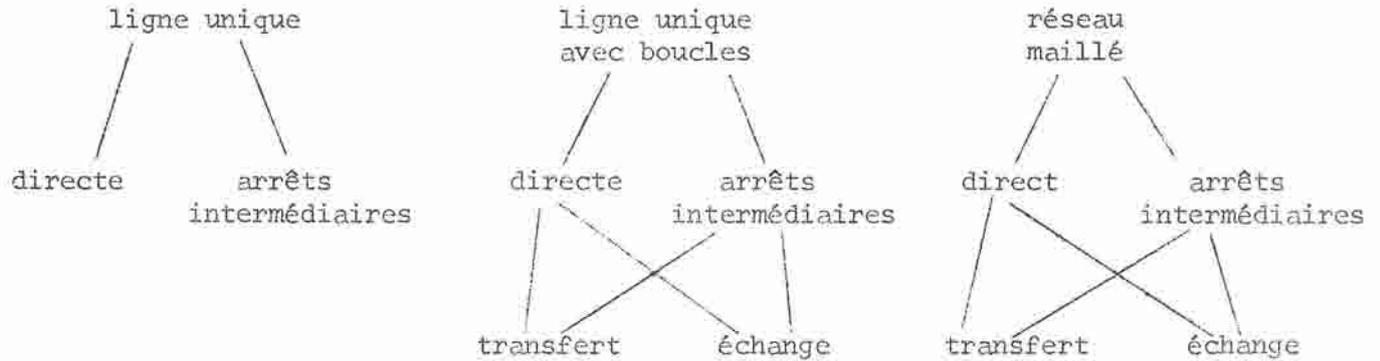
2.1.2. - L'infrastructure.

a) Énumération des technologies élémentaires.

La première caractéristique est celle qui différencie les

.../...

TABLEAU II - LES RESEAUX



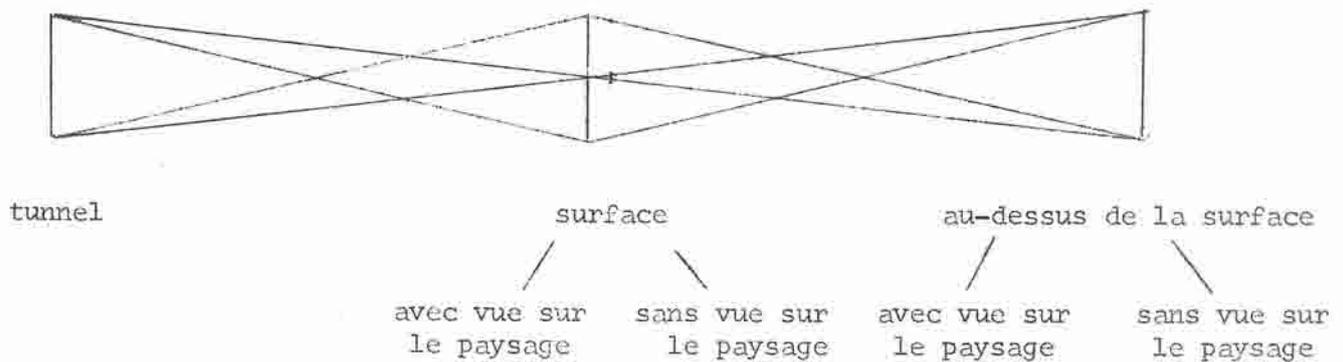
Soit : 10 sous-systèmes "réseau".

TABLEAU III - INFRASTRUCTURE

Infrastructure sans guidage ni information.

Infrastructure avec information

Infrastructure avec guidage



Soit : 15 sous-systèmes "Infrastructure".

infrastructures qui servent au guidage et celles qui n'assurent pas automatiquement cette fonction. Ensuite les infrastructures peuvent être classées selon leur position par rapport au sol. Ces considérations permettent de construire le tableau III.

b) Critères

- Coût
- Sécurité
- Stabilité, etc...

2.1.3. Le véhicule.

a) Enumération des technologies élémentaires.

Les possibilités en matière de véhicules s'obtiennent en croisant :

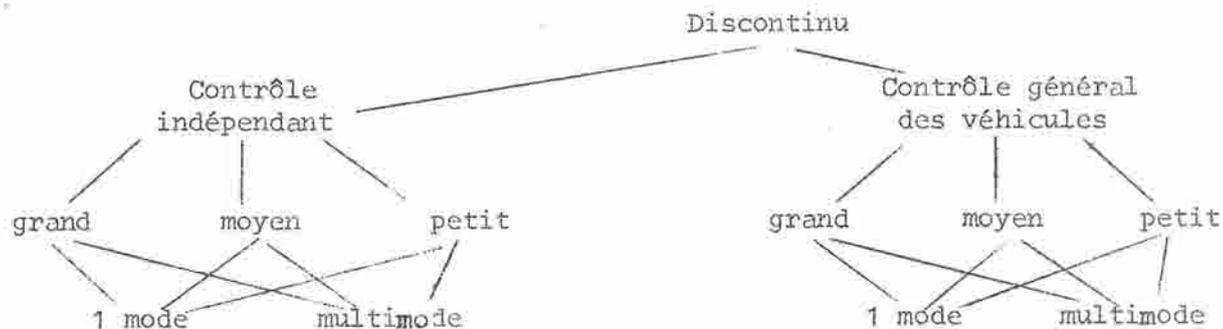
- le fait que le transport soit continu ou discontinu ;
- le fait que le contrôle peut être réalisé indépendamment pour les divers véhicules ou non ;
- la taille du véhicule (grand, moyen, petit) par exemple en appelant : grand un "véhicule" (articulé ou non) de plusieurs centaines de places (train) ; moyen, un véhicule offrant une centaine de places (car) ; petit, un véhicule n'offrant que quelques places (voitures).
- la possibilité d'utiliser ce véhicule selon plusieurs modes ou non (exemple autocar pouvant rouler sur des rails).

b) Critères.

- Fréquence pour le trafic direct ou local
- Coûts, etc...

TABLEAU IV - VEHICULE

Continu



Soit : 13 sous-systèmes "véhicule".

TABLEAU V - ACCES

1) Voyageurs -Accès à l'arrêt
avec marcheaccélérateur
continu

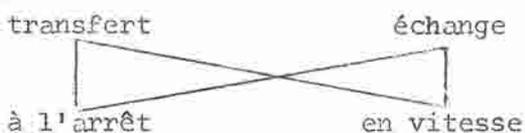
Soit : 6 sous-systèmes.

2) Bagages -Transport par
les voyageursTransport par
les voyageurs dans des
compartiments spéciaux
fixes du véhicule
principalDépôt (ou reprise)
dans des compartiments spé-
ciaux ultérieurement inté-
grés dans le véhicule
principal

à l'arrêt

en vitesse

Soit : 4 sous-systèmes "accès".

3) Automobiles -Style "drive-in"
à l'arrêt

Soit : 5 sous-systèmes.

2.1.4. - Les Accès.

Les problèmes d'accès doivent être examinés pour les passagers, leurs bagages et le transport éventuel d'automobiles.

a) Enumération des technologies élémentaires.

cf. Tableau V.

b) Critères.

- Coûts,
- Temps, etc...

2.1.5. - Suspension.

a) Enumération des technologies élémentaires.

cf. Tableau VI.

b) Critères.

- Possibilité de grande vitesse,
- Confort,
- Coûts, etc...

2.1.6. - La propulsion.

a) Enumération des technologies élémentaires.

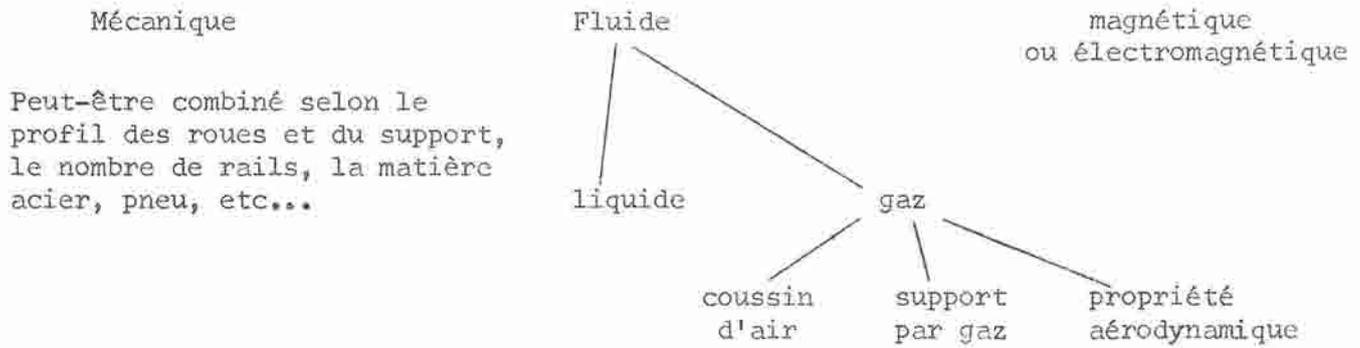
cf. Tableau VII.

b) Critères.

- Coûts,
- Bruit, etc...

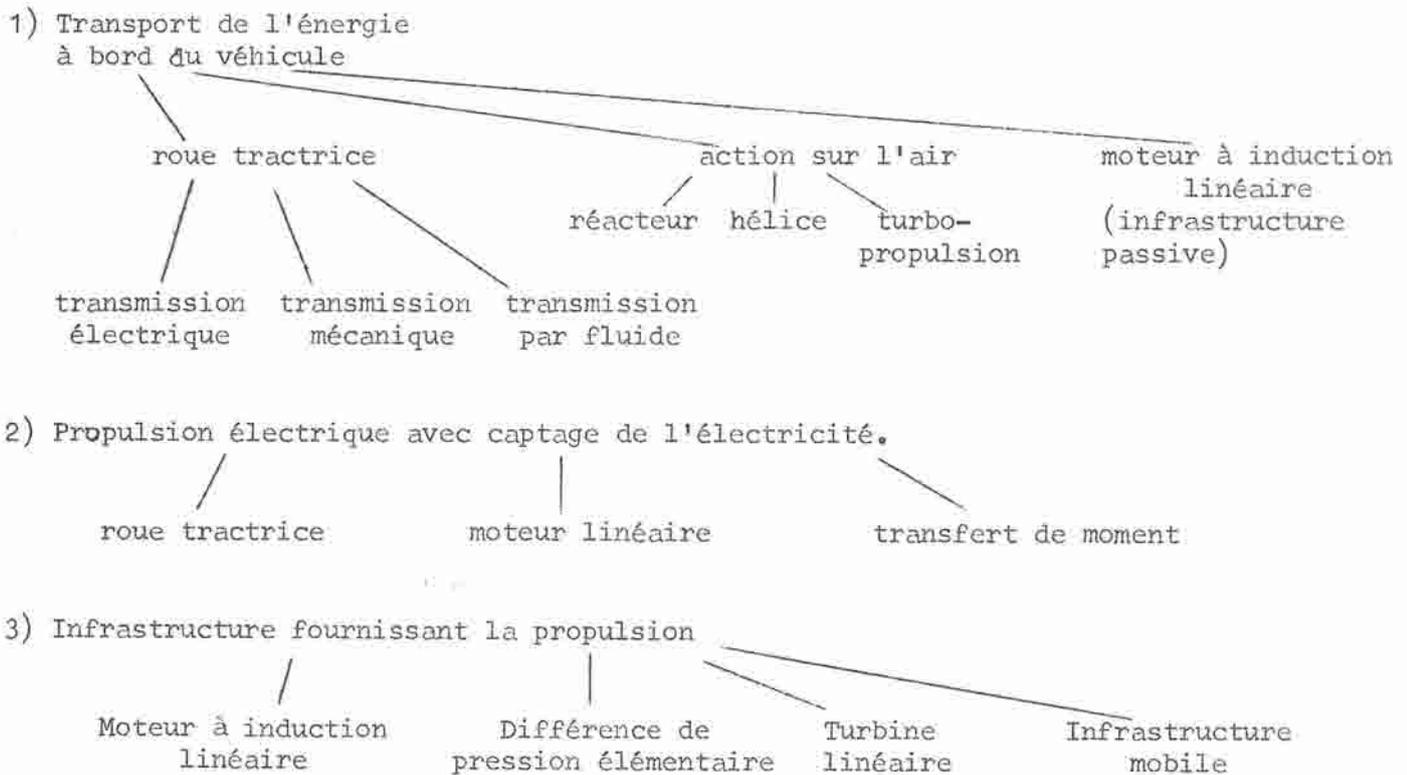
.../...

TABLEAU VI - SUSPENSION



Le nombre des sous-systèmes est extrêmement élevé du fait des combinaisons possibles (environ une centaine).

TABLEAU VII - PROPULSION



Soit : 14 sous-systèmes "propulsion".

2.1.7. - Conclusion et résumé.

Cette analyse des technologies élémentaires permet de composer un grand nombre de modes (de l'ordre de plusieurs millions). Toutefois, certains de ces sous-systèmes ne sont pas cohérents et peuvent être éliminés alors que d'autres peuvent également être éliminés du fait qu'offrant les mêmes avantages que certains sous-systèmes ils présentent plus d'inconvénients. Malgré ces réductions, il reste un nombre de modes de l'ordre du million - et même plus du fait des sous-technologies (par exemple coussin d'air Bertin, coussin d'air à dépression Bathalon, coussin d'air Hovercraft, etc...).

L'étude systématique et détaillée de ces millions de modes n'est pas possible. Il est nécessaire de limiter leur nombre en prenant en compte les objectifs précis à atteindre et l'état prévisible de la technologie en 1985 et en 2000.

2.2. - Détermination des sous-systèmes de transports retenus.

2.2.1. - Technologie 1985.

a) Elimination au niveau des sous-systèmes.

- réseaux : Les divers réseaux sont possibles mais le transfert et l'échange ne sont pas concevables sauf à l'arrêt pour les transports publics.
- infrastructure : Les coûts de construction en souterrain éliminent les solutions en tunnel : seules subsistent les solutions sur la surface ou en-dessus. Les comportements individuels exigeront encore de laisser subsister une vue sur le paysage afin de conserver une attractivité auprès du public. Les différentes possibilités de guidage et d'information sont techniquement possibles mais auront un coût élevé.

.../...

- véhicule : Le véhicule continu ne pourrait être construit avec la technologie actuelle compte tenu des contraintes de vitesse à satisfaire. Les véhicules multi-modes ne seront pas encore opérationnels. Le contrôle général des véhicules sera possible mais cher et donc réservé aux "grands et moyens" véhicules.
- accès : Pour les voyageurs, seuls sont possibles l'accès à l'arrêt avec marche et l'échange ou transfert à l'arrêt. Pour les bagages, seuls sont possibles le transport par les voyageurs directement ou par usage de comportements spéciaux du véhicule principal. Enfin, pour les automobiles, seul est possible le style "Drive in" à l'arrêt et les échanges à l'arrêt ou en vitesse (autoroutes et routes du type classique).
- suspension : Compte-tenu des vitesses à atteindre seules sont possibles en 1985 les suspensions suivantes : mécanique sur acier, le coussin d'air, et pour les vitesses inférieures à 200 km/h le pneu.
- propulsion : Les propulseurs possibles en 1970 sont :

| | |
|---|---|
| transport de l'énergie sous forme d'hydrocarbure à bord du véhicule | } <ul style="list-style-type: none"> roue tractrice (trois possibilités de transmission) action sur l'air |
| propulsion électrique avec captage de l'électricité (jusqu'à 300 km/h) | } <ul style="list-style-type: none"> roue tractrice moteur linéaire |

b) Les modes de transport possibles (1).

.../...

(1) L'étude que réalise pour la DATAR, la Société Automatismes et Technique sur le "métro continu" s'inspire d'une méthode analogue sous le nom de "matrice d'invention" (oct. 1967).

- Notation (a) (b) (c) - (a) Véhicule grand (1) moyen (2) petit (3)
- (b) Suspension acier sur acier (1), pneu (2)
coussin d'air (3), coussin d'air + roues (4).
 - (c) Propulsion par roues à partir d'hydrocarbures
avec transmission électrique (11) ou mécanique
(12), par hélice (à partir d'hydrocarbures) (2),
par roue avec captage d'électricité (3), à moteur
à induction linéaire (4).

Les tableaux suivants (Tableaux VIII) présentent les solutions concevables après élimination des solutions incohérentes ou visiblement peu intéressantes.

| Code du Véhicule + suspension + propul- sion | Nom du sous-système | Réseau | Accès | Remarques |
|--|---|--|--|---|
| (1) (1) (11) | Train classique "diésel" | réseau classique avec possibilité d'échange d'éléments à l'arrêt | passagers : accès à l'arrêt par marche bagages : avec le passager ou compar- timent spécial véhicules : " Drive in". | |
| (1) (1) (12) | Turbotrain long | idem | idem | |
| (1) (1) (3) | Train électrique | idem | idem | V 200 km/h (limite de captage de l'électricité) |
| (1) (2) (11) (12) (3) | idem mais sur pneu que (1) (1) avec (11), (12) (3) | (V 100 km/h) limite due au pneu | | |
| (1) (3) (2) | Aérotrain "long" (articulé) + hélice | idem | idem | bryant |
| (1) (4) (11) | Aérotrain "long" (articulé) traction par roue + diésel | idem | idem | V 200 km/h si pneu |
| (1) (4) (12) | Aérotrain "long" (articulé) traction par roue + turbine | idem | idem | idem |
| (1) (4) (2) | Aérotrain "long" (articulé) hélice | idem | idem | idem + bryant peut dans certaines limites s'offrir... |
| (1) (4) (3) | Aérotrain "long" (articulé) traction par roue + élec- tricité). | idem | idem | |

| | | | | |
|--|---|--|---|-------------------|
| (1) (3) (4) | Aérotrain "long" (articulé) traction par moteur à induction linéaire | idem | idem | - |
| (1) (1) (4) | Aérotrain "long" (articulé) traction par moteur à induction linéaire | | | roues auxiliaires |
| (2) (1) (12) (a) | Autorail classique | Réseau classique avec possibilité d'échange d'éléments à l'arrêt | Passagers : accès à l'arrêt par marche bagages : avec le passager ou compartiment spécial | |
| (2)(1) (12) (b) | Turbotrain court | idem | idem | |
| (2) (1) (3) | Autorail électrique | - | - | |
| (2) (2) (12) (a) | Autocar | réseau routier voirie traditionnelle ou spécialisée | - | $v \leq 200$ km/h |
| (2) (2) (12) (b) | comme $\begin{pmatrix} (2) & (1) & (12) & (a) \\ (2) & (1) & (12) & (b) \\ (2) & (1) & (3) & \end{pmatrix}$ | avec $v \leq 200$ km/h (pneus) | | |
| (2) (3) (2) | "Aérotrain" + hélice | Réseau classique avec possibilité d'échanges d'éléments à l'arrêt | idem | bruit |
| $\begin{pmatrix} (2) & (4) & (11) \\ (2) & (4) & (12) \\ (2) & (4) & (2) \\ (2) & (4) & (3) \end{pmatrix}$ | Aérotrain court : pour le reste cf : | $\begin{pmatrix} (1) & (4) & (11) \\ (1) & (4) & (12) \\ (1) & (4) & (2) \\ (1) & (4) & (3) \end{pmatrix}$ | | |
| $\begin{pmatrix} (3) & (2) & (11) \\ (2) & (3) & (4) \end{pmatrix}$ | Voiture Aérotrain avec induction linéaire. | Classique | Classique | - |

Les sous-systèmes présentés par les tableaux précédents peuvent être regroupés ainsi :

- Systèmes dérivés de la technologie ferroviaire: trains classiques "diésel" ou "électrique" sur pneu ou non, turbotrain "long" ou "moyen" sur pneu ou non, autorail classique ou électrique sur pneu ou non.

Pour ces systèmes la gestion de l'infrastructure serait améliorée mais analogue dans ses principes généraux à l'actuelle, le réseau correspondant aux modes actuels d'exploitation ; il en serait de même pour les accès des voyageurs ou pour les bagages (classique ou comportement spécial style TEE). A ce stade de l'analyse, il est possible d'éliminer pour des vitesses supérieures à 200 km/h le cas de l'utilisation des pneus ; pour des vitesses inférieures, cette utilisation semble peu intéressante (cf la tentative de la SNCF sur Paris-Strasbourg).

- Systèmes dérivés de la technologie "Aérotrain"

Aérotrain articulé "long" avec hélice ou avec roues de traction (diésel, turbine, électrique) ou avec induction linéaire.

Aérotrain "moyen" avec hélice ou avec roues de traction (diésel, turbine, électrique) ou avec induction linéaire.

- Systèmes routiers

Autocar sur voirie normale ou spécialisée

Voiture classique

- Systèmes mixtes

Voitures particulières sur systèmes longs (chargement à l'arrêt type drive in).

.../...

Pour 1985, les modes de transport les plus adaptés au problème de la Basse-Seine sont les suivants :

- Train "classique " électrique sur l'infrastructure existante ou nouvelle ;
- TurboTRAIN "long" ou "moyen" ;
- AéroTRAIN "long" articulé ou "moyen" avec (hélice, roues de traction
(induction linéaire
- Autocar sur voirie normale ou spécialisée ;
- Véhicule classique amélioré ;
- Transport de V.P. sur systèmes "longs" (chargement "drive in").

On remarque que l'électrification de la ligne Paris - Le Havre élimine les trains classiques "diésel" et que les "turbotrains" sont plus intéressants que les autorails classiques.

2.2.2. - Technologie 2000.

a) Elimination ou niveau des sous-systèmes

- Réseaux :

Les divers réseaux sont possibles ainsi que l'échange en vitesse et le transfert à l'arrêt.

- Infrastructure :

Les transports interurbains en tunnel pourront être intéressants dans quelques cas très limités. Les différentes possibilités de guidage et d'information sont possibles.

- Véhicule :

Le véhicule continu n'est pas possible. Les véhicules multimodes "moyens" sont possibles. Le contrôle général des véhicules est possible sauf pour les "petits" véhicules. Autrement dit l'autoroute électronique globale n'est pas possible (1).

- Accès :

Pour les voyageurs et les bagages l'échange en vitesse et le transfert à l'arrêt sont possibles.

- Suspension :

Mécanique et coussin d'air.

- Propulsion :

Toutes possibles.

b) Les modes de transport possibles

L'incertitude rend ici très difficile de nommer des modes. Toutefois, il est possible d'insister sur le fait que l'échange en vitesse sera possible ce qui permettra une gestion révolutionnaire des réseaux de transport en commun.

.../...

(1) cf : a) Bulletin Sedeis N° 913 Supplément - 10 mars 1963
Prospective à long terme et méthode delphi - MM. GORDON et HELMER
b) HERMAN KAHN - Briefing for meeting August 9 - 1967.

2.3. - Détermination des modes de transports terrestres.

Pour arriver à un nombre raisonnable de modes à étudier, on est amené à éliminer des résultats de l'analyse systématique un grand nombre de solutions soit au niveau des technologies élémentaires soit au niveau des sous-systèmes du fait des cohérences et possibilités technologiques en 1985 et 2000.

A partir des millions de solutions que l'on obtient par l'analyse systématique, les réductions présentées conduisent à retenir les modes suivants de trajet.

En 2000 les modes de transports les plus adaptés au problème de la Basse-Seine sont les suivants :

- Systèmes ferroviaires (acier sur acier) avec ou non une nouvelle infrastructure.
 - Traction électrique (trains longs)
 - Turbo-trains (trains longs ou moyens)
- Systèmes guidés sur coussin d'air articulés ou non avec éventuellement des roues pour les faibles vitesses.
 - Traction par hélice
 - Traction par moteur à induction linéaire.
- Autocars sur voirie normale ou spécialisée
- Automobile classique ou améliorée
- Transports de V.P. sur systèmes "longs" (chargement "drive in").

.../...

NB. La différence essentielle de la technologie 2000 par rapport à 1958 proviendra de :

- . meilleure utilisation de l'informatique
 - . possibilités d'échange en vitesse
 - . coûts moindres
 - . véhicules multimodaux.
-

3. - LES AUTRES TRANSPORTS.

3.1. - Les transports aériens.

L'analyse systématique du transport aérien présentée comme cela vient d'être fait pour les transports terrestres n'a pu être trouvée dans la littérature existante ni faite dans les délais impartis. De nombreuses études paramétriques de tel ou tel système ont été effectuées(1) Mais ces études partent d'un système défini et ne ressortent pas à proprement parler de l'analyse systématique. Pour cette étude, on se contentera donc d'envisager certains appareils à décollage et atterrissage vertical (dont l'hélicoptère) ou court et des appareils classiques subsoniques éventuellement complétés par des systèmes de guidage très puissants.

On peut, pour 1985 retenir comme sous-systèmes de transport :

- l'avion à décollage et atterrissage vertical
- l'avion à décollage et atterrissage court
- l'hélicoptère
- l'avion classique (subsonique).

La technologie 2000 permettra des coûts plus bas et une meilleure utilisation de l'informatique.

3.2. - Les transports de voyageurs par eau (en 1985)

Les modes de transport par eau retenus sont les hydroptères et les aéroglisseurs.

(1) - A systems analysis of short Haul Air Transportation
MIT - August 1965

- Cahiers de l'I.T.A. - 26/6/66 - STOL et VTOL

etc, etc...

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT.

Service
des Affaires Economiques et
Internationales

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE

FASCICULE N° 4

SCHEMAS DE TRANSPORT

Etudes paramétriques.

AVRIL 1968

31/3/68 (dt)
200

ETUDES PARAMETRIQUES

| | <u>Pages</u> |
|--|--------------|
| 1. - <u>LE TRANSPORT FERROVIAIRE EN FRANCE.</u> | 46 |
| 1.1. - Le matériel moteur | 46 |
| 1.1.1. - La traction électrique | 47 |
| 1.1.2. - La traction thermique | 48 |
| 1.2. - Le matériel voyageur | 49 |
| 1.3. - Perspectives d'avenir | 50 |
| 1.4. - Etude paramétrique sur la Basse-Seine | 53 |
| 1.4.1. - Voies existantes | 54 |
| 1.4.2. - Voies existantes améliorées | 64 |
| 1.4.3. - Voies nouvelles | 70 |
| 1.4.4. - Récapitulation | 80 |
| 1.4.5. - Analyse des résultats | 80 |
| 1.4.6. - Conclusion | 83 |
| 2. - <u>LES SYSTEMES DE TRANSPORT TERRESTRE A GRANDE VITESSE</u> <u>GUIDES, SUR COUSSINS D'AIR.</u> | 84 |
| 2.1. - Généralités | 84 |
| 2.2. - Les aspects généraux des engins guidés sur coussins d'air | 85 |
| 2.2.1. - Les différentes techniques de coussins d'air | 86 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 2.2.2. | - Les formes de voies | 87 |
| 2.2.3. | - Etat des travaux en Grande Bretagne | 89 |
| 2.2.4. | - Aux Etats-Unis | 91 |
| 2.3. | - L'Aérotrain | 92 |
| 2.3.1. | - Description de l'Aérotrain | 93 |
| 2.3.2. | - Etude des coûts | 98 |
| 2.4. | - L'Aérotrain et la Basse-Seine | 102 |
| 3. | - <u>LES TRANSPORTS ROUTIERS.</u> | 104 |
| 3.1. | - La voiture particulière (VP) - son évolution | 104 |
| 3.1.1. | - Le parc français - son volume - évolution de ce volume | 104 |
| 3.1.2. | - Le coût d'utilisation de la voiture pour l'usager | 105 |
| 3.1.3. | - Caractéristiques techniques futures (1985 - 2000) (Les plus probables) | 106 |
| 3.1.4. | - Le véhicule particulier - son contrôle | 109 |
| 3.1.5. | - L'infrastructure autoroutière - son coût | 111 |
| 3.2. | - Les autobus interurbains | 113 |
| 3.2.1. | - Situation actuelle - caractéristiques générales | 113 |
| 3.2.2. | - L'autobus express | 114 |
| 3.2.3. | - Sur l'axe Paris - Rouen - Le Havre | 116 |
| 4. | - <u>TRANSPORTS AERIENS</u> | 120 |
| 4.1. | - Généralités et évolution | 120 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.1. - Avions à décollage court ou vertical | 120 |
| 4.1.2. - Avions à décollage classique | 126 |
| 4.2. - Qualités du service | 127 |
| 4.2.1. - Performances | 127 |
| 4.2.2. - Sécurité | 130 |
| 4.2.3. - Bruit | 130 |
| 4.2.4. - Coûts | 131 |
| 4.3. - Conclusion | 133 |
| 4.3.1. - Les avions conventionnels | 133 |
| 4.3.2. - V.T.O.L. et hélicoptères | 133 |
| 4.3.3. - S.T.O.L. | 134 |
| 5. - <u>TRANSPORTS RAPIDES PAR EAU.</u> | 135 |
| 5.1. - Généralités | 135 |
| 5.2. - Les navires à ailes portantes | 135 |
| 5.2.1. - Les hydroptères de 1ère génération | 136 |
| 5.2.2. - Les hydroptères de 2ème génération | 137 |
| 5.3. - Les navires sur coussins d'air | 138 |
| 5.4. - Intérêt des Aéroglisseurs marins pour la Basse-Seine (Etude ITA) | 142 |

1. - LE TRANSPORT FERROVIAIRE EN FRANCE.

Après 130 années d'existence, le Chemin de Fer en France est loin d'avoir épuisé toutes ses possibilités. Regardons quelle est sa situation actuelle et quelle sera sa situation future.

1.1. - Le matériel moteur.

| | ! | <u>1965</u> | ! | <u>1970</u> | ! | <u>1985</u> |
|--|---|-------------|---|-------------|---|-------------|
| Locomotives électriques | ! | 2.107 | ! | 2.434 | ! | 3.360 |
| Automotrices électriques | ! | 524 | ! | 658 | ! | 725 |
| Locomotives Diésel et locomoteurs | ! | 1.385 | ! | 2.017 | ! | 2.270 |
| Autorails et éléments automoteurs Diésel | ! | 1.144 | ! | 1.146 | ! | 1.100 |
| Locotracteurs | ! | 1.180 | ! | 1.407 | ! | |
| Locomotives à vapeur | ! | 2.010 | ! | 1.000 | ! | - |

Actuellement la traction électrique étendue au quart du réseau écoule en fait 72 % du trafic contre 15 % à la traction Diésel. Quant à la traction à vapeur elle aura bientôt complètement disparu. Un tel phénomène résulte des coûts d'exploitation de ces différentes tractions.

Le coût d'exploitation correspondant à un km de traction par une locomotive est de :

- 7,1 F en traction vapeur
- 3,7 F en traction diésel
- 2,8 F en traction électrique

.../...

Une locomotive diesel vaut 2,1 MF et parcourt annuellement 115.000 km, une locomotive électrique vaut 1,6 MF et parcourt annuellement 160.000 km, mais les coûts d'électrification sont de l'ordre de 0,7 MF au km.

Une analyse économique est-elle nécessaire pour :

- atteindre l'équilibre entre traction électrique et traction diesel lorsque la traction à vapeur aura disparu.
- déterminer le rythme auquel devra se réaliser l'achèvement de cette modernisation.
- commander les différents types de matériels.

1.1.1. - La traction électrique.

Actuellement il y a 2 systèmes de courant :

- le courant continu 1.500 V
- le courant monophasé à 25 kV 50 Hz., qui permet des réductions notables des dépenses d'installations fixes, équipe maintenant 3.600 km de voies.

Les principales caractéristiques des moteurs électriques sont les suivantes :

- Emploi généralisé des redresseurs au silicium, 481 locomotives en sont équipées.
- Bogie monomoteur ;
- Suspension primaire indépendante à grande flexibilité.
- Toutes les liaisons mécaniques sujettes à usure sont remplacées par des articulations ou liaisons en caoutchouc.

Toutes ces nouveautés techniques ont contribué à la mise au point de la nouvelle CC 21.000 à grande puissance

Poids 116 T

Puissance 5900 KW (8000 ch) \Rightarrow 67 ch/t

Courant 1500 V ou 25 KV monophasé

Vitesse 220 km/h.

1.1.2. - La traction thermique.

Actuellement elle est essentiellement représentée par la traction diésel qui est plus rentable pour les lignes à trafic moyen.

Quant à la turbine à gaz elle en est encore au stade expérimental.

a) Les locomotives diésel.

Elles sont équipées de redresseurs au silicium et de bogies monomoteurs.

On distingue 4 classes :

| | <u>Puissance</u> |
|--------------|------------------|
| - Classe I | 600/750 kW |
| - Classe II | 1000/1200 kW |
| - Classe III | 1700/2000 kW |
| - Classe IV | > 2600 kW |

Dans la Classe III la BB 67291 sera équipée d'une transmission "triphasé - continu" ce qui permettra le chauffage électrique des trains.

Dans la Classe IV les futurs CC 72000 de 110 T et de puissance 2650 kW (3600 ch) posséderont le même dispositif de transmission électrique et seront équipées de bogies monomoteurs du même type que les BB électriques 25.500.

Cette nouvelle CC 72000 sera capable de circuler à la vitesse de 140 km/h.

b) Application des turbines à gaz.

La turbine à gaz de conception aéronautique à forte puissance massive paraît offrir un réel intérêt pour la traction ferroviaire à grande vitesse (250 km/h). Mais actuellement seule la réalisation d'un élément automoteur expérimental a été mise en chantier en France.

1.2. - Le matériel voyageur.

Evolution de l'effectif des voitures de grandes lignes :

| | 1965 | 1970 | 1985 |
|--------------------|-------|-------|-------|
| Nombre de voitures | 7.224 | 7.873 | 8.570 |

L'évolution technique du matériel est dominée par la recherche d'un plus grand confort.

Pour cela l'utilisation de rails de plus en plus lourds, 50 à 60 kg au mètre, va être généralisée sur toutes les grandes artères.

Actuellement 10.300 km de lignes sont équipés de longs rails soudés à attaches élastiques. Le rythme de développement est de 600 km par an.

Indépendamment de la voie, de nouveaux bogies de conception originale vont être construits.

Quant aux voitures elles-mêmes, il faut s'attendre à un développement rapide des relations Trans-Europ-Express; accroissement de l'ordre de 25 % entre 1965 et 1970.

Toujours dans le même souci de confort, les voitures couchettes vont être plus nombreuses, car il faut s'attendre à des prévisions d'accroissement de la demande de couchettes de 2ème classe de 4 % par an.

1.3. - Perspectives d'avenir.

| | 1961 | 1965 | 1985 |
|--------------------------|------|------|------|
| Voyageurs | 33,6 | 38,3 | 52,5 |
| dont Banlieue Parisienne | 4,6 | 5,6 | 6 |

Unité : milliard de voyageurs-km.

A l'horizon 85 on peut envisager 2 solutions. L'une maximale : 54 milliards de voyageurs-km correspondant à une politique volontariste d'encouragement de transport par fer pour soulager les investissements routiers, et l'autre minimale; soit 39 milliards de voyageurs-km, basée sur une évolution parallèle du trafic constatée aux Etat-Unis. Une telle évolution correspond à une diminution progressive du taux d'augmentation du trafic jusqu'en 1975 puis à partir de cette date l'accroissement de faisant à un rythme proche de celui de la population.

Ainsi en 1985 on aura les 3 hypothèses suivantes :

.../...

Hypothèse minimale $39 + 6 = 45$ milliards vk

Hypothèse intermédiaire $46,5 + 6 = 52,5$ milliards vk

Hypothèse maximale $54 + 6 = 60$ milliards vk

6 étant le trafic banlieue en 1985.

Suivant l'hypothèse de trafic prise en compte on aura des dépenses d'investissements différentes.

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| Voyageurs x km | 45 | 52,5 | 60 |
| Dépenses d'investissements de 1965 à 1985 | 34.800 | 41.000 | 48.300 |
| U = <u>Millions de F</u> | - 15 % | | + 18 % |

Pour les liaisons rapides de voyageurs on constate qu'elles se développent plus rapidement que la moyenne du trafic qui est de l'ordre de 3 % par an.

Par exemple pour les relations T.E.E. l'accroissement de la demande de 1965 à 1970 est de 25 %.

Pour faire face à un tel trafic en 1985 le volume des investissements ne doit pas diminuer. On pense donc avoir la répartition suivante d'ici 1985.

| | |
|------------------|-----------------------------|
| Infrastructure | 14.500 millions de F |
| Matériel roulant | 22.600 " |
| Divers | 3.900 " |
| Total | <u>41.000 millions de F</u> |

Le matériel roulant représente 55 % des dépenses totales, alors qu'il ne représentait que 52 % pendant les 3ème et 4ème Plans.

Ainsi les dépenses annuelles moyennes à prévoir de 1965 à 1985 s'élèveront à 2,05 milliards pour 52,5 milliards de vk chiffre qui se rapproche des 1.600 millions de F du budget 1964 de la S.N.C.F.

En 1985 le réseau général se présentera ainsi :

- Disparition de la traction vapeur,
- Maintien des caractéristiques actuelles du gabarit, de la charge maximum par essieu (20 T), de la charge linéaire des trains (6,4 T par mètre) de la longueur maximum des trains (750 m),
- Adoption de l'attelage automatique et généralisation des boites à rouleaux,
- Vitesse maximum des trains de marchandises :
 - { Régime ordinaire 80 km/h
 - { Régime accéléré 100 km/h et sur certaines lignes 120 km/h.
- Tendence à la spécialisation plus poussée du matériel,
- Développement du trafic des trains complets (40 % du trafic total)
- Réduction importante du nombre de passages à niveau gardés.

De même les principales caractéristiques techniques particulières au réseau primaire seront les suivantes en 1985.

- L'automatisation des triages et l'attelage automatique entraineront un relèvement moyen de la capacité de ceux-ci de 15 %,
- Vitesse maximum sur les grandes lignes 160 km/h sauf sur certaines sections ou des aménagements peu coûteux permettraient des vitesses plus élevées.
- Développement du block automatique lumineux détection des boites chaudes, modernisation des télécommunications.

- Elimination progressive des services voyageurs omnibus.
- Atténuation en valeur relative des pointes de trafic voyageurs.

C'est donc une nouvelle mutation du rail qui se prépare silencieusement, peut être moins spectaculaire que celle qui a transformé les techniques de la traction et de la voie, mais portant en elle la promesse d'une gestion encore améliorée, prompte et efficace, s'adaptant à toutes les nécessités du trafic.

1.4. - Etude paramétrique sur la Basse-Seine.

Le réseau de la Basse-Seine comprend les liaisons suivantes :

| | |
|------------------|--------|
| PARIS - MANTES | 57 km |
| MANTES - ROUEN | 83 km |
| ROUEN - LE HAVRE | 88 km |
| MANTES - CAEN | 182 km |

Les 3 premières liaisons sont déjà électrifiées alors que la dernière est à traction diésel.

Plusieurs hypothèses sont à envisagées à l'horizon 1985 :

- 1°) Voies existantes {
 - Traction électrique
 - Traction Diésel

- 2°) Voies existantes améliorées {
 - Traction électrique
 - Traction Diésel
 - TurboTRAIN ou Tokaido
 pour un relèvement de la vitesse des trains.

- 3°) Voies nouvelles {
 - TurboTRAIN ou
 - Tokaido

4°) Récapitulation,

5°) Analyse des résultats,

6°) Conclusion.

1.4.1. - Voies existantes : (Réseau simplifié de transport de voyageurs à longue distance par chemin de fer).

L'étude noyau est la première phase de l'Etude sur l'avenir de la S.N.C.F.

Le réseau noyau pris en compte comprend 52 gares et 7.950 km de voies. Il assure 60 % du trafic total actuel. Seuls y circulent les trains rapides de voyageurs. Des prévisions à l'horizon 1985 sur une analyse géographique des trafics actuels ont conduit sur le réseau simplifié à une situation de trafic voisine de la situation actuelle.

Les 52 gares retenues ont toutes assuré un trafic annuel supérieur à 600.000 voyageurs.

Le réseau a été décomposé en plusieurs régions : Nord - Est, Sud - Est, Sud - Ouest, Ouest, Nord - Ouest. Seules les parties Ouest et Nord - Ouest se présentent sous la forme d'arborescence indépendantes des autres régions, au point de vue de la structure.

Ainsi avons nous pu isoler la région qui nous intéressait c'est à dire la Bassc- Seine, ou en notation du réseau, la région Nord - Ouest. Les résultats en 1985 se présentent ainsi :

1°) Voies Existantes (Réseau simplifié de Transport de voyageurs à longue distance par chemin de fer.)

Le réseau Basso-Seine en 1985 se présentera ainsi :

| | L km | V 10 ³ | V x Km 10 ³ | V par an 10 ³ | V x km/An 10 ⁶ | Places offertes | Nb de trains | T K B R | |
|--------------------|------|-------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------------|
| | | | | | | | | J 10 ⁶ | AN 10 ⁶ |
| PARIS - MANTES E | 57 | 14,4 | 820 | 5.240 | 299 | 22.272 | 32 | 1,04 | 380 |
| MANTES - ROUEN E | 83 | 9,5 | 786 | 3.460 | 287 | 13.920 | 20 | 0,95 | 345 |
| ROUEN - LE HAVRE E | 88 | 3,6 | 319 | 1.320 | 116 | 5.568 | 8 | 0,40 | 146 |
| MANTES - CAEN D | 182 | 4,9 | 799 | 1.790 | 326 | 8.352 | 12 | 1,24 | 453 |
| | 410 | 32,4 | 2.724 | 11.810 | 1.028 | | | 3,63 | 1.324 |

E : Electricité 228
D : Diésel 182
410

871
453
1.324

| L km | Composition | | | | Capacité voyageur | Tonnes | Nb parcours par jour | Trains x kms 10 ³ | TKBR 10 ⁶ | Ra- mes | PARC | | | | Véhicules x kms (Jour) 10 ³ | | | | |
|----------------|-------------|---|---|---|-------------------|--------|----------------------|------------------------------|----------------------|---------|------|----|----|----|--|-------|-------|-------|------|
| | D | R | A | B | | | | | | | D | R | A | B | D | R | A | B | |
| PARIS - CAEN | 1 | 2 | 4 | 6 | 696 | 570 | 12 | 2,868 | 1,635 | 3 | 3 | 6 | 12 | 18 | 2,87 | 5,73 | 11,47 | 17,2 | |
| PARIS - ROUEN | 1 | 1 | 4 | 6 | 696 | 525 | 12 | 1,680 | 0,956 | 4 | 4 | 4 | 16 | 24 | 1,64 | 1,86 | 6,56 | 9,84 | |
| PARIS-LE HAVRE | 1 | 2 | 4 | 6 | 696 | 570 | 8 | 1,824 | 1,039 | 4 | 4 | 8 | 16 | 24 | 1,82 | 3,65 | 7,30 | 10,9 | |
| | | | | | | | | 6,372 | 3,630 | | 11 | 18 | 44 | 66 | 6,33 | 11,24 | 25,33 | 37,94 | Mini |

x 1,5

17 | 27 | 66 | 99

Pour ce réseau existant calculons le prix de revient technique du voyageur-km.

Pour cela la décomposition est la suivante :

- Charges de voies et bâtiments (V.B.)
- Charges d'exploitation
- Charges de mouvement et de traction.

Les prix proviennent de l'étude PRMG 1964.

a) Coûts des voies et bâtiments.

| Charges | Fixes | | Variables | |
|------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| | Diésel | Electrique | Diésel | Electrique |
| Mode de traction | 0,069 L_D | 0,076 L_E | 0,00305 T_D | 0,00320 T_E |

L_D longueur non électrifiée

L_E longueur électrifiée

T_D Tonnes kilométriques brutes transportées sur L_D

T_E " " " " " L_E

b) Charges d'exploitation 53,7 M
 1,92 V_e
 1,42 P_r

M nombre de trains remaniés par an

V_e nombre de voyageurs transportés par an

P_r parcours total des trains par an

.../...

c) Charges de mouvement et de traction.

| Postes de charges | Formules de charges | Ensemble |
|-----------------------------------|--|--|
| 1 - <u>Charges d'exploitation</u> | | |
| Frais divisionnaires MT | $0,64 P_r$ | $1,4 P_r + 0,46 P_r E$ |
| Conduite | $0,76 P_r$ | $+ 1,32 P_r D$ |
| Entretien matériel | $0,46 P_r E + 1,32 P_r D$ | |
| Entretien du matériel remorqué | $21.000 V_h + 0,2 V_h - k$ $12.000 D + 0,25 D - k$ | $21.000 V_h + 0,2 V_h k$ $12.000 D + 0,25 D k$ |
| Energie de traction | $2.160 T_E + 2.690 T_D$ | $21.60 T_E + 2.690 T_D$ |
| 2 - <u>Charges financières</u> | | |
| Matériel moteur | $161.200 \text{ Loco } E$ $190.000 \text{ Loco } D$ | $161.200 \text{ Loco } E$ $190.000 \text{ Loco } D$ |
| Matériel remorqué | | |
| Fourgons | $17.800 D$ | $17.800 D$ |
| Restaurants bars | $56.400 R$ | $56.400 R$ |
| Wagons 1ère Classe | $37.700 A$ | $37.700 A$ |
| 2ème Classe | $28.000 B$ | $28.000 B$ |
| Couchettes | $50.400 C$ | $50.400 C$ |

Les nouveaux symboles sont :

$P_r E$ Parcours total des trains par an sur L_E
 $P_r D$ " " " " L_D

PARC

D Nombre de fourgons
 R " de wagons restaurants
 A " " 1ère Classe
 B " " 2ème Classe
 C " " Couchettes
 Vh Nombre de véhicules autres que fourgons
 Dk Fourgons-km
 Vhk Autres véhicules-km
 Loco E Nombre de locomotives électriques
 Loco D " " diésel
 Vk Voyageurs-km

On obtient ainsi les résultats suivants pour le réseau
 Basse-Seine :

| | | | | | |
|---------|------|----------|--------|-------|-----------|
| L | 410 | km | D | 17 | Nombre |
| L_E | 228 | km | R | 27 | |
| L_D | 182 | km | A | 44 | |
| T_E | 871 | Millions | B | 66 | |
| T_D | 453 | " | C | 0 | |
| M | 4,02 | Milliers | Vh | 137 | Nombre |
| V_e | 5,5 | Millions | Dk | 2,31 | Millions |
| P_r | 2,32 | Millions | Vhk | 27,2 | " |
| $P_r E$ | 1,52 | " | Loco E | 12 | Nombre |
| $P_r D$ | 0,80 | " | Loco D | 5 | Nombre |
| | | | VK | 1,028 | Milliards |

Le prix de revient technique par voyageurs/km est obtenu
à l'aide du tableau suivant :

| NATURE DES POSTES | VALEURS EN MILLIONS | | MILLIONS | MILLIONS PAR POSTE | |
|---|------------------------------------|-------|----------|--------------------|-------|
| | | | | % | |
| <u>Charges voies et bâti- ments</u> | | | | | |
| Fixes | 0,075 L _E = | 17,32 | 29,87 | | |
| | 0,069 L _D = | 12,55 | | | |
| | 0,0032 T _E = | 2,78 | | | |
| Variables | 0,00305 T _D = | 1,38 | 4,16 | 46 % | 34,03 |
| <u>Charges d'exploitation</u> | 63,7 M = | 0,25 | | | |
| | 1,92 V _e = | 10,56 | | | |
| | 1,42 P _r ^e = | 3,29 | | 19 % | 14,10 |
| <u>Charges de matériel et de traction</u> | | | | | |
| Exploitation | 1,4 P _r = | 3,25 | 17,17 | | |
| | 2160 T _E = | 1,88 | | | |
| | 2690 T _D = | 1,22 | | | |
| | 0,46 P _r ^e = | 0,69 | | | |
| | 1,32 P _r ^r = | 1,056 | | | |
| | 12000 D = | 0,20 | | | |
| | 0,25 DK = | 0,57 | | | |
| | 21000 Vh = | 2,87 | | | |
| | 0,20 VhK = | 5,44 | | | |
| Amortissement | 161200 Loco E = | 1,93 | | | |
| | 190000 Loco D = | 0,95 | | | |
| | 17800 D = | 0,30 | | | |
| | 56400 R = | 1,52 | | | |
| | 37700 A = | 1,65 | | | |
| | 28000 B = | 1,84 | | | |
| | 50400 C = | 0 | 8,19 | 35 % | 25,36 |

Total des dépenses → 73,49 Millions

Nombre de voyageurs-km/an = 1,028 milliards

Prix de revient technique
par voyageur/km = 0,071

REMARQUE :

Il faut noter une certaine différence entre ce coût et le coût donné par l'étude du réseau simplifié du transport.

Cela provient du fait que au lieu de prendre en compte tout le réseau Ouest, on a pris seulement le réseau Nord-Ouest c'est à dire la Basse-Seine.

On note ainsi que les pourcentages de charges Voies, Bâtiments, Matériels et Traction diminuent, on passe de 47 à 46 % et de 37 à 35 % alors que dans le même temps le pourcentage des charges d'exploitation augmente (16 à 19 %).

Etudions maintenant plus en détail la ligne PARIS - LE HAVRE, ou ce qui revient au même la ligne MANTES - CAEN.

| | | | |
|-----------------------------|-------|--------|-------|
| L | 182 | Vh | 36 |
| L _D | 182 | DK | 1,047 |
| T _D | 453 | VhK | 12,56 |
| M | 1,095 | Loco D | 5 |
| V _e | 1,79 | VK | 0,326 |
| P _r | 0,8 | | |
| P _r ^D | 0,8 | | |
| D | 3 | | |
| R | 6 | | |
| A | 12 | | |
| B | 18 | | |
| C | 0 | | |

Dépense sur la ligne MANTES - CAEN

| NATURE DES POSTES | VALEUR EN MILLIONS | | MILLIONS | MILLIONS PAR POSTE | |
|--|------------------------------------|-------|----------|--------------------|-------|
| | | | | % | |
| <u>Charges voies et bâti- ments.</u> | | | | | |
| Fixes | 0,069 L _D = | 12,55 | 12,55 | | |
| Variables | 0,00305 T _D = | 1,38 | 1,38 | 50 % | 13,93 |
| <u>Charges d'exploitation</u> | 63,7 M = | 0,07 | | | |
| | 1,92 V _e = | 3,44 | | | |
| | 1,42 P _r ^e = | 1,136 | | 16 % | 4,583 |
| <u>Charges Matériels et Traction</u> | | | | | |
| Exploitation | 1,4 P = | 1,12 | | | |
| | 2690 T _D = | 1,22 | | | |
| | 1,32 P _D ^D = | 1,056 | | | |
| | 12000 D = | 0,036 | | | |
| | 0,25 D _k = | 0,262 | | | |
| | 21000 V _h = | 0,756 | | | |
| | 0,20 V _h K = | 2,512 | 6,962 | | |
| Amortissement | 190000 Loco D = | 0,95 | | | |
| | 17800 D = | 0,053 | | | |
| | 56400 R = | 0,338 | | | |
| | 37700 A = | 0,452 | | | |
| | 28000 B = | 0,504 | | | |
| | 50400 C = | 0 | 2,297 | 34 % | 9,259 |

Total des dépenses → 27,772 Millions
 Nombre de voyageurs-km/an = 0,326 Milliards
 Prix de revient technique
 par voyageur-km → 0,085 F

D'où par différence on en déduit les dépenses sur la ligne
PARIS - LE HAVRE.

| | | | |
|--|-----------------|------------------------|---------|
| Charges Voies et Bâtiments | 34,03 - 13,93 = | 20,10 | 45 % |
| Charges d'exploita- tion | 14,10 - 4,583 = | 9,517 | 21 % |
| Charges Matériels et Traction | 25,36 - 9,259 = | 16,101 | 34 % |
| Total | —————> | 45,718 | |
| <u>Prix de revient technique</u> du voyageur-km | | $\frac{45,178}{702} =$ | 0,065 F |

Avant de passer à la deuxième partie, faisons varier le trafic sur la ligne PARIS - CAEN par exemple (Référence - influence de l'ouverture du tronçon CAEN - CHERBOURG et de la Gare de Cherbourg sur l'ensemble Réseau de 53 gares).

Hypothèse : Augmentation de trafic sur PARIS - CAEN en 500 voyageurs/jour.

Toujours comme précédemment on ne considère que la Basse-Seine.

Une telle augmentation entraîne une rame supplémentaire pour assurer deux parcours journaliers supplémentaires. Il y a donc 1392 places/jour en plus, soit avec un coefficient de remplissage de 0,6 un trafic supplémentaire de 0 à 835 voyageurs/jour.

On obtient :

| | | |
|-------------------------------|-----------------|---------|
| C charges Voies et Bâtiments | 0,3033 millions | 12,38 % |
| Charges d'exploitation | 0,2709 " | 11,05 % |
| Charges Matériels et Traction | 1,8763 " | 76,57 % |
| | <hr/> | <hr/> |
| Δ Dépenses | 2,4505 millions | 100 % |
| Δ V K = 500 x 365 x 239 = | 43,6 millions | |

$$\text{Coût marginal technique pour 500 voyageurs} \Rightarrow \frac{2,4505}{43,6} = \underline{\underline{0,056 \text{ F.}}}$$

Le coût moyen sera :

$$C_{m_1}^{\alpha} = \frac{73,49 + 2,45}{1,028 + 43,6} = 0,070 \text{ F}$$

au lieu de 0,071 F dans le cas du réseau Basse-Seine.

RECAPITULATION.

| Trafic voyageurs/jour | 4.900 | 5.400 | 27.500 | 32.400 | 32.900 |
|---|-------|-------|--------|--------|--------|
| Tronçon | | | | | |
| Paris - Le Havre (1) Traction Electrique | | | 0,065 | | |
| Mantes - Caen (2) Traction diésel | 0,085 | 0,082 | | | |
| Basse - Seine (1) + (2) | | | | 0,071 | 0,070 |

1.4.2. - Voies existantes améliorées.

a) Matériels classiques.

Prenons le cas de PARIS - LE HAVRE 228 km. Aménageons cette ligne de telle façon que des trains puissent circuler à 200 km/h.

Référence : Rapport de Mr. LEVERT. }
 Les grandes vitesses sur la SNCF. }

Les caractéristiques de la ligne sont les suivantes :

La rampe maximum atteint 8 ‰ sur 11 km entre le Havre et Breauté, on trouve 2 autres rampes 7 ‰ sur 6 km entre Argenteuil et Corneilles et 6 ‰ sur 11 km entre Rouen et Motteville.

Cette ligne comporte de nombreux ouvrages d'art, des tunnels (13 km) et des ponts routiers supérieurs ainsi que de multiples bifurcations et raccordements.

Pour les dépenses d'investissement et d'exploitation nous prendrons les chiffres du rapport de Mr. LEVERT en les multipliant par

$$\frac{228}{68} = 3,35.$$

Pour la voie nous prendrons le chiffre de 1.000.000 le km.

Sur la ligne PARIS - LE HAVRE nous avons 8 trains faisant 20 parcours par jour. Le nombre total de wagons est de 100.

Calculons les dépenses supplémentaires pour élever la vitesse de 140 km/h à 200 km/h.

Dépenses d'investissements

| | |
|---|---------------|
| - Installation de sécurité | 11.222.500 F |
| - Alimentation en énergie électrique | 2.211.000 F |
| - Voie | 228.000.000 F |
| Total pour installations fixes | 241.433.500 F |
| - Modifications de 12 locomotives électriques | 3.000.000 F |
| - Equipement des voitures avec le frein électromagnétique | 10.800.000 F |
| | 13.800.000 F |

Total général 241.433.500
13.800.000

255.233.500

Dépenses supplémentaires d'exploitation

| | |
|--|----------------|
| - Consommation supplémentaire d'énergie | 978.200 par an |
| - Les autres suppléments de dépenses résultent | |
| • de l'entretien des installations supplémentaires de signalisation | 100.500 " |
| • de l'entretien plus soigné de la caténaire | 16.750 " |
| • des interventions plus fréquentes pour l'entretien de la voie | 201.000 " |
| • de l'entretien plus poussé des locomotives et du matériel roulant remorqué, soit à raison de 0,0115 par locomotive-km et de 0,0098 par voiture-km. | 32.000 " |
| • de l'accroissement des dépenses de personnel roulant. | 28.000 " |

Total Général ⇒ 1.356.450 "

Le coût de l'élévation de 140 à 200 km/h de la limite de vitesse des trains sur 228 km entre PARIS et LE HAVRE peut donc être évalué à :

Investissements : 255.233.500 F
Exploitation : 1.356.450 F

A 10 % par an sur les dépenses d'investissement (au titre de l'intérêt sur le capital et de l'amortissement technique) le coût annuel est donc de :

25.523.350
1.356.450
26.879.800 F

Rapporté à chaque marche simple, le coût sera de :

$$\frac{26.879.800}{365 \times 20} = 3.682 \text{ F}$$

Et par kilomètre parcouru à 200 km/h ce coût devient :

$$\frac{3.682}{228} \neq 16,25 \text{ F}$$

Les trains formés ont une capacité de 696 voyageurs avec un coefficient de remplissage de 0,65 on aura donc 450 voyageurs.

Donc le coût supplémentaire sera de :

$$\frac{16,15}{450} = \underline{0,036 \text{ F par km.}}$$

Essayons de retrouver ce résultat en considérant les dépenses annuelles sur la ligne PARIS - LE HAVRE.

On avait :

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Charges voies et bâtiments | 20,10 millions |
| Charges d'exploitation | 9,517 " |
| Charges matériels et traction | |
| Exploitation | 10,208 " |
| Amortissement | 5,893 " |
| | <hr/> |
| Total | 45,718 millions |

Pour que les trains puissent circuler à 200 km/h nous aurons les nouvelles dépenses annuelles suivantes :

45,718
26,880
 72,598 millions.

Soit un coût moyen au voyageur-km de :

$$\frac{72,598}{702} = 0,1034 \text{ F au V/km}$$

au lieu de 0,065 F V/km.

Avec le coût supplémentaire de 0,036 on obtient

| |
|------------|
| 0,065 |
| 0,036 |
| <hr/> |
| 0,101 F/km |

10,1 c/km au lieu de 10,3 c/km.

b) Matériels modernes.

Etudions les conséquences de la mise en service de Turbo trains sur la ligne PARIS - LE HAVRE.

- Caractéristiques : Prenons le cas du turbotrain qui sera mis en service à la fin de l'été 1967 sur la ligne MONTREAL - TORONTO et comparons le à un train classique circulant sur cette ligne.

| | <u>Turbotrain</u> 2 rames et 7 voitures | Train classique |
|--|--|-----------------|
| Nombre de turbines | 8 | - |
| " de voitures | 14 | 13 |
| " de places | 680 | 640 |
| Poids à vide | 274 T | 1.050 T |
| Poids/Places | 410 kg | 1.640 kg |
| Puissance | 3.200 Ch | 5.400 Ch |
| Voiture restaurant | - | 2 |
| Temps de parcours entre Montréal et Toronto | 3 à 4 h. | 5 Heures |
| Vitesse maximale | 250 km/h | 145 km/h |

Ce train conçu, mis au point par la United Aircraft of Canada et mu par des turbines à gaz Pratt and Whitney, devrait réduire considérablement les frais d'exploitation (30 % environ).

Grâce à un système de suspension de type révolutionnaire qui permet de prendre les courbes à des vitesses de 30 % plus rapides que celles des trains de type conventionnel et par l'emploi d'un rapport puissance/poids bien plus élevé que sur les trains actuels, le turbotrain couvrira la distance Montréal-Toronto (536 km) en 3 H 59' soit 1 heure de moins que les trains actuels.

DIMENSIONS RESPECTIVES

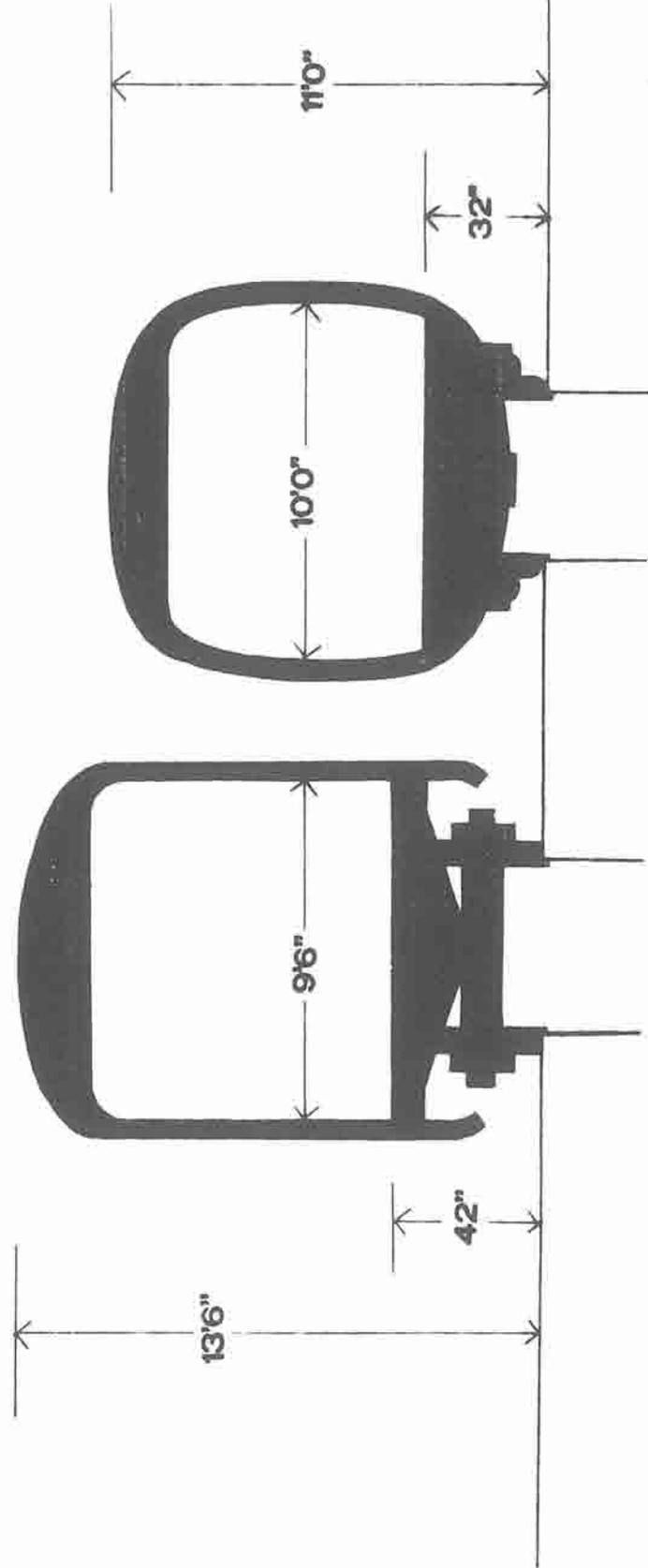
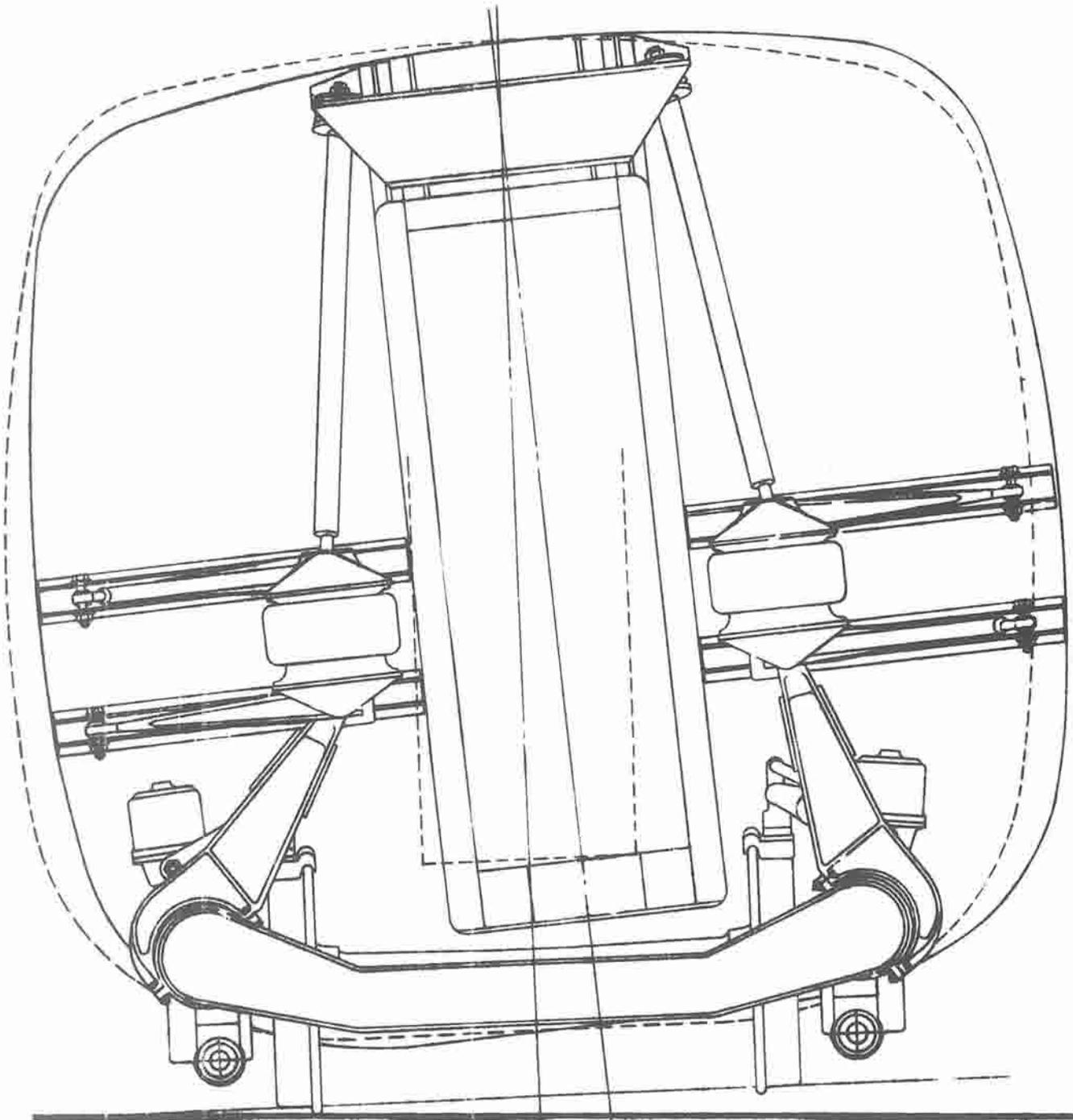


Fig 1
68 bis

VOITURE ORDINAIRE TURBOTRAIN



Le turbotrain du CN aura une suspension pendulaire, qui empêchera les voitures de s'incliner vers l'extérieur dans les courbes. Dans le schéma ci-dessus, la ligne en noir indique la position de la voiture pendant que le train franchit une courbe; le pointillé indique la même voiture roulant sur une ligne de plaine.

La suspension du turbotrain permet de prendre dans les courbes une inclinaison qui compense la force centrifuge et elle permet aussi de supprimer l'inconfort qui pourrait résulter de cette force.

Ainsi avec des voitures à suspension pendulaire ou à suspension compensée par un dispositif commandé automatiquement par la force centrifuge, le problème du confort des voyageurs ne se poserait pas, mais on n'en serait pas moins tenu par la limitation du divers qui résulte des efforts sur les rails. Ce n'est donc qu'en recourant au turbotrain (matériel roulant léger) que le gain sur le rayon des courbes pourrait être très important, de l'ordre de 30 %.

Ainsi on s'aperçoit que d'une part le turbotrain réduit les frais d'exploitation de 30 % et que d'autre part il ne nécessite pas des frais d'infrastructure aussi important que pour un train classique circulant à 200 km/h.

Dans le cas de notre ligne PARIS - LE HAVRE nous supposons que les charges d'exploitation sont réduites de 30 % et que les nouvelles dépenses d'investissement le sont aussi. Dans l'étude précédente on accroit les résultats suivants :

| | | |
|-------------------------------|--------|-----------------|
| Charges voies et bâtiments | | 20,10 millions |
| Charges d'exploitation | | 9,517 " |
| Charges matériels et traction | | |
| Exploitation | | 10,208 " |
| Amortissement | | 5,208 " |
| | | <hr/> |
| | | 45,718 " |
| Investissements | —————> | 25,523 |
| Exploitation | —————> | 1,356 |
| | | <hr/> |
| | | 72,597 millions |

Avec le turbotrain nous aurons :

| | | |
|-------------------------------|---|-----------------|
| Charges voies et bâtiments | | 20,10 millions |
| Charges d'exploitation | | 9,517 " |
| Charges matériels et traction | | |
| Exploitation - 30 % | | 7,145 " |
| Amortissement | | 5,893 |
| | | <hr/> |
| | | 42,655 millions |
| Investissements - 30 % | | 17,867 |
| Exploitation - 30 % | | 950 |
| | | <hr/> |
| Total | ⇒ | 61,472 Millions |

Soit un coût moyen au voyageur-km de :

$$C_m = \frac{61,472}{702} = 0,091 \text{ F au V/km}$$

au lieu de 0,065 F.

1.4.3. - Voies nouvelles.

La construction d'une voie entièrement nouvelle dans la Basse-Seine est-elle économiquement possible ? C'est ce que nous allons essayer de montrer en prenant l'exemple de la nouvelle ligne de chemin de fer Tokio-Osaka appelée encore ligne de "Tokaido".

Référence : la vie du rail n° 986 (7 mars 1965)

La nouvelle ligne du Tokaido a été conçue pour éliminer le goulot que constitue l'ancienne ligne et pour que l'artère principale du Japon ne cesse de suivre l'expansion économique future du pays. En effet les régions bordant cette ligne renferment 49 % de la population totale soit 48 millions d'habitants et 70 % de la production industrielle.

Elle a nécessité 5 ans 1/2 de travaux et sa mise en service date du 1er Octobre 1964. Elle a coûté 532 milliards de francs soit 10,33 millions de francs au km.

Actuellement la distance Tokyo-Osaka 515 km s'effectue en 4 heures (128 km/h de moyenne commerciale) les départs étant échelonnés d'heure en heure de 6 h à 20 h à l'exception de 12 h.

Après rodage et tassements des remblais le parcours sera ramené à 3 h 30' (soit à 147 km/h de moyenne) puis ultérieurement à 3 h (soit 171 km/h de moyenne) mais sans arrêt intermédiaire.

Tous les trains sont composés de 12 voitures. L'ultra-rapide KIRARI est composé de 2 voitures de 1ère classe et 10 voitures de 2ème classe alors que le rapide KODAMA comporte 1 voiture de 1ère classe et 11 de 2ème classe.

Il y a 12 gares sur la nouvelle ligne y compris les terminus Tokyo et Osaka.

| | <u>PK</u> | <u>Distance en km entre Gares</u> |
|-----------------|-----------|-----------------------------------|
| 1 Tokyo | 0 | 25,5 |
| 2 Shin-Yokohama | 25,5 | 51,2 |
| 3 Odawara | 76,7 | 18,7 |
| 4 Atami | 95,4 | 72,0 |
| 5 Shizuoka | 167,4 | 71,5 |
| 6 Hamamatsu | 238,9 | 35,3 |
| 7 Toyohashi | 274,2 | 67,8 |
| 8 Nagoya | 342,0 | 25,1 |
| 9 Gifu-Hashima | 367,1 | 41,1 |
| 10 Maibara | 408,2 | 68,1 |
| 11 Kyoto | 476,3 | 39,1 |
| 12 Osaka | 515,4 | |

Avant de passer aux coûts, mentionnons quelques particularités techniques de la nouvelle ligne du Tokaido.

a) Caractéristique technique.

La nouvelle ligne a été diminuée de 40 km par rapport à l'ancienne ligne, ceci est dû à la création de 65 km de tunnels et de 44 km de ponts. Elle ne comporte aucun passage à niveau et le rayon de courbure minimum est de 2.500 m. La voie est de type soudé en grandes longueurs de 1.500 m. Les rails font 53,3 kg/m et la charge limite par essieu est de 16 tonnes.

L'alimentation électrique s'effectue en courant à 60 Hz et à la tension nominale de 25 kV. Ce courant est transformé en continu par des redresseurs au silicium.

La puissance totale est de 8.800 kw pour une rame de 12 voitures. Le système de freinage comporte 2 sortes de freins, des freins électriques montés sur tous les essieux puisqu'ils sont moteurs. Ce frein offre 19 positions entre 200 et 50 km/h et il est commuté automatiquement

au dessous de cette vitesse sur le frein pneumatique qui est du type à disques sur tous les essieux, les disques étant montés de part et d'autre du centre de roue. En cas d'urgence les deux freins peuvent fonctionner simultanément.

L'autre particularité intéressante de cette nouvelle ligne est la signalisation et la commande centralisée.

Le système adopté combine la commande centralisée des circulations et la commande automatique des trains avec un signal dans la cabine de conduite, correspondant en fait à 6 étages de vitesses à respecter : 210, 160, 110, 70, 30 et 0 km/h. La seule consigne impérative de conduite est donc la vitesse imposée, affichée en fait sous forme d'une plage lumineuse déterminant la vitesse sur le chronotachymètre à lecture horizontale. Outre cette fixation automatique de vitesse imposée par l'espacement des trains, la circulation même est commandée depuis un centre situé à Tokyo.

Les trains peuvent aussi établir eux-mêmes leurs itinéraires suivant leurs catégories grâce à un système automatique. Par l'intermédiaire d'un système de radio-téléphonie chaque train sur toute la ligne peut être contacté immédiatement et recevoir des instructions nécessaires.

b) Analyse économique.

Une estimation des dépenses et revenus annuels de la ligne du Tokaido a donné les résultats suivants :

| | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|------------------------|------|------|------|------|
| Dépenses Millions F | 1018 | 1071 | 1086 | 1115 |
| Revenus Millions F | 1249 | 1404 | 1617 | 1738 |

Les prévisions de trafic sont les suivantes :

| | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|----------------------------|--------|--------|-------|-------|
| Passagers Millions | 43,782 | 48,149 | 52,5 | 53,2 |
| Passagers x km Millions | 14.489 | 16.231 | 18231 | 20143 |

On en déduit donc le prix de revient moyen du voyageur x km durant ces 4 années.

| | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| Cm. en F | 0,070 | 0,065 | 0,059 | 0,055 |

On s'aperçoit que ces chiffres sont comparables à ceux obtenus en France.

Mais la grande différence c'est que ces coûts se rapportent dans un cas à une voie nouvelle et dans l'autre cas à une infrastructure déjà existante.

De même on peut calculer le prix effectivement payé par l'utilisateur durant ces 4 années :

| | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| C_e | 0,0862 | 0,0865 | 0,0886 | 0,0862 |

Il serait maintenant intéressant de savoir combien coûte un voyage sur une telle ligne.

Pour cela il faut savoir qu'il existe 2 tarifs, un pour les trains ordinaires et un supplément pour les trains rapides qui est fonction de la classe de voiture, de trois paliers de distance et de trois paliers de vitesse commerciale - A B C.

A pour les futurs trains qui effectueront le trajet Tokyo-Osaka en 3 h.

B et C correspondent respectivement aux trains Hikari (4 h) et Kodama (5 h).

Le tableau suivant nous donne le prix du supplément pour train rapide.

.../...

| Vitesse \ Palier | 1 à 200 kilomètres | | 201 à 400 km. | | 401 à 600 km. | |
|------------------|--------------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| | 1ère Cl. | 2ème Cl. | 1ère Cl. | 2ème Cl. | 1ère Cl. | 2ème Cl. |
| Type A | 18,48 | 8,4 | 36,96 | 16,8 | 49,28 | 22,4 |
| B | 15,54 | 7,0 | 31,08 | 14,0 | 40,04 | 18,2 |
| C | 12,32 | 5,6 | 24,64 | 11,2 | 33,88 | 15,4 |

Le tarif ordinaire est le suivant :

| Distance - km \ Classe | 300 | 1,000 | 2,000 |
|------------------------|-------|-------|-------|
| 1ère Classe | 21,42 | 45,50 | 80,08 |
| 2ème Classe | 11,62 | 24,92 | 43,68 |

Ce qui correspond en 2ème Classe à 3,87 centimes au km jusqu'à 300 km et 1,87 centimes au km à partir de 300 km., en 1ère classe on a respectivement : 7,14 centimes au km et 3,46 centimes au km.

Quant au prix du voyage sur le Tokaido il est le suivant
Type B (Hikari).

.../...

| | 1ère Classe | | | 2ème Classe | | |
|--------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|
| | Tokyo | Nagoya | Kyoto | Tokyo | Nagoya | Kyoto |
| Nagoya | 54,46F 342 km | | | 26,88F 342 km | | |
| Kyoto | 68,88F 476 km | 26,04F 134 km | | 33,88F 476 km | 12,74F 134 km | |
| Osaka | 70,42F 515 km | 28,84F 173 km | 18,34F 39 km | 34,72F 515 km | 14,28F 173 km | 4,34F 39 km |

A titre indicatif rappelons que le voyage PARIS - LYON (512 km) coûte en 1ère Classe 85 F actuellement)

Des coûts aussi bas s'expliquent facilement quand l'on sait que durant l'année 1966 la moyenne des voyageurs transportés par jour a été de 120.000 et ce avec un coefficient de remplissage de 0,72. La longueur moyenne des voyages étant de 331 km.

Le trafic maximum enregistré un jour a été de 240.000 voyageurs.

Ainsi en France une telle réalisation ne serait à envisager que si une croissance exceptionnelle du trafic rendait insuffisante telle liaison régionale ou internationale actuelle.

Dans le cas de la Basse-Seine une liaison telle que : PARIS - MANTES - ELBEUF - PONT L'EVEQUE - CAEN pourrait être envisagée dans l'hypothèse où le trafic serait suffisant.

La longueur d'une telle ligne serait de 230 km. à raison de 10 millions de km, les dépenses s'élèveraient à 2.300 millions soit 2,3 milliards.

Cherchons les conséquences sur le prix de revient moyen.

En supposant une exploitation identique à celle de la ligne du Tokaïdo nous aurons donc les dépenses annuelles suivantes :

au minimum 326 millions de voyageurs x km/an.
et au maximum 600 millions de voyageurs x km/an.

On aura donc les coûts moyens correspondants :

$$C_{\text{max.}} = \frac{500}{326} = 1,53 \text{ F par } v \times \text{ km}$$

$$C_{\text{mini.}} = \frac{500}{600} = 0,83 \text{ F}$$

Donc avec la construction d'une ligne entièrement nouvelle entre PARIS et CAEN le prix de revient moyen sera compris entre :

$$0,83 \text{ F} \leq C_m \leq 1,53 \text{ F}$$

Si on fait supporter ces dépenses à tous les voyageurs de la Basse-Seine on obtient le coût suivant :

$$C \frac{500}{1000} = \underline{\underline{0,50 \text{ F}}}$$

Pour conclure nous dirons que la nouvelle ligne du Tokaïdo a eu des conséquences désastreuses pour le transport aérien comme l'indique le tableau suivant :

| | | | 1964 | 1965 | 1966 |
|----------------------------|---------|-----------------------|------------|------------|------------|
| TOKYO NAGOYA 432 KM. | Air | Passagers Transportés | 444.000 | 219.000 | 23.000 |
| | | % | 4,5 % | 1,9 % | 0,1 % |
| | Tokaïdo | Passagers Transportés | 9.504.000 | 14.080.000 | 17.958.000 |
| | | % | 95,5 % | 98,5 % | 99,9 % |
| | Total | Passagers Transportés | 9.948.000 | 14.299.000 | 17.981.000 |
| | | % | 100 % | 100 % | 100 % |
| TOKYO OSAKA 515 KM. | Air | Passagers | 3.524.000 | 3.537.000 | 2.490.000 |
| | | % | 24,6 % | 10,5 % | 5,7 % |
| | Tokaïdo | Passagers | 20.566.000 | 30.071.000 | 41.081.000 |
| | | % | 85,4 % | 89,5 % | 94,3 % |
| | Total | Passagers | 24.090.000 | 33.608.000 | 43.571.000 |
| | | % | 100 % | 100 % | 100 % |

Au total le transport aérien sur ces 2 lignes est passé de 11,7 % à 4,1 % de 1964 à 1966 alors que la ligne du Tokaïdo passait respectivement de 88,3 % à 95,9 %.

1.4.4. - Récapitulation.

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Nature | Voies existantes | Voies Existantes améliorées | | Voies Nouvelles |
| Tronçon | Matériel clas. V = 140 km/h | Matériel clas. V = 200 km/h | TurboTRAIN V = 200 km/h | Type Tokafdo V = 200 km/h |
| PARIS - LE HAVRE (1) | 6,5 | 10,34 | 9,1 | |
| MANTES - CAEN (2) | 8,5 | | | 83 à 153 |
| BASSE - SEINE (1) + (2) | 7,1 | | | 50 |

U = centimes par km.

1.4.5. - Analyse des résultats.

Après la 4ème Partie, on se trouve donc en présence de 4 solutions possibles.

Une est à éliminée tout de suite, c'est la construction de Voies Nouvelles (4).

Si par rapport à la solution (1) elle présente quelques avantages, en particulier une vitesse de 200 km/h par contre vis à vis des 2 autres solutions (2) et (3) elle ne présente aucun avantage, son seul inconvénient est de couler 10 fois plus chère.

Restent donc en présence 3 solutions. D'après le tableau précédent la solution (2) est à éliminer. Montrons cela par un raisonnement simple.

Soit C_1 le coût de la solution (1)

C_2 le coût de la solution (2)

C_3 le coût de la solution (3)

$$a) C_2 = C_1 + x \quad x \begin{cases} \text{investissements nécessaires pour} \\ \text{porter la vitesse à 200 km/h.} \end{cases}$$

$$b) C_3 = C_1 - y + z \quad z \begin{cases} \text{investissements nécessaires pour} \\ \text{porter la vitesse à 200 km/h.} \end{cases}$$

$$y \begin{cases} \text{économie de 30 \% sur les frais} \\ \text{d'Exploitation.} \end{cases}$$

D'après a) on en déduit que $C_1 < C_2$
Faisons (a) - (b).

$$C_2 - C_3 = (x - z) + y$$

On a vu que l'emploi du turbotrain permettrait des gains de l'ordre de 30 % sur les rayons de courbures de la voie, donc sur les investissements et par suite $x > z \Rightarrow x - z > 0$

$$C_2 - C_3 > 0 \Rightarrow C_2 > C_3$$

La solution (2) est donc à éliminer.

Ne restent donc en présence que le train classique à traction électrique d'une vitesse de 140 km/h et le turbotrain dont la vitesse $v \geq 200$ km/h.

Les coûts correspondants étant :

$$C_1 = 6,5 \text{ centimes / km}$$

$$C_2 = 9,1 \quad " \quad "$$

Calculons les coûts valorisés pour différentes valeurs de H_{pa} (valeur du temps).

1°) $H_{pa} = 10 \text{ F l'heure}$

$$\text{On a } C_V = C + \frac{H_{pa}}{D} (T + T_{at})$$

T_{at} temps d'attente à la gare (20')

T durée du parcours

D distance de la ligne

A - Train classique $V = 140 \text{ km/h}$

$$\begin{aligned} C_V &= 0,065 + \frac{10}{228} (1437' + 20') \\ &= 0,065 + \frac{10}{228} (1457') \\ &= 0,065 + \frac{19,5}{228} = 0,065 + 0,085 \end{aligned}$$

$$C_V = 15 \text{ centimes/km.}$$

B - TURBOTRAIN $V = 200 \text{ km/h}$

$$\begin{aligned} C_V &= 0,091 + \frac{10}{228} (1 \text{ H } 8' + 20') \\ &= 0,091 + \frac{10}{228} (1 \text{ H } 28'') \\ &= 0,091 + \frac{14,6}{228} = 0,091 + 0,064 \end{aligned}$$

$$C_V = 15,5 \text{ centimes/km.}$$

2°) $H_{pa} = 20 F/H$

A - Train classique $C_V = 0,065 + \frac{20}{228} (1 \text{ H } 57')$
 $= 0,065 + 0,17$
 $C_V = 23,5 \text{ centimes/km}$

B - Turbotrain $C_V = 0,091 + \frac{20}{228} (1 \text{ H } 28')$
 $= 0,091 + 0,128$
 $C_V = 21,9 \text{ centimes/km.}$

On voit donc que c'est pour une valeur relativement faible de H_{pa} (de l'ordre de 12 F) que les coûts valorisés totaux du train électrique et du turbotrain sont identiques. Ce fait, laisse à penser que peu à peu le train classique disparaîtra au profit du turbotrain.

1.4.6. - Conclusion.

Un fait est certain dès à présent c'est que 2 modes différents de traction seront encore en présence en 1985. D'une part la traction électrique et d'autre part la turbine à gaz (Turbotrain). Mais que penser de l'avenir du chemin de fer en l'an 2000 ?

On peut penser que seules subsisteront les grandes lignes parcourues par des trains rapides de voyageurs. Et à moins de progrès technique encore insoupçonnés la turbine à gaz sera la principale traction employée.

2. - LES SYSTEMES DE TRANSPORT TERRESTRE A GRANDE VITESSE GUIDES, SUR

 COUSSINS D'AIR.

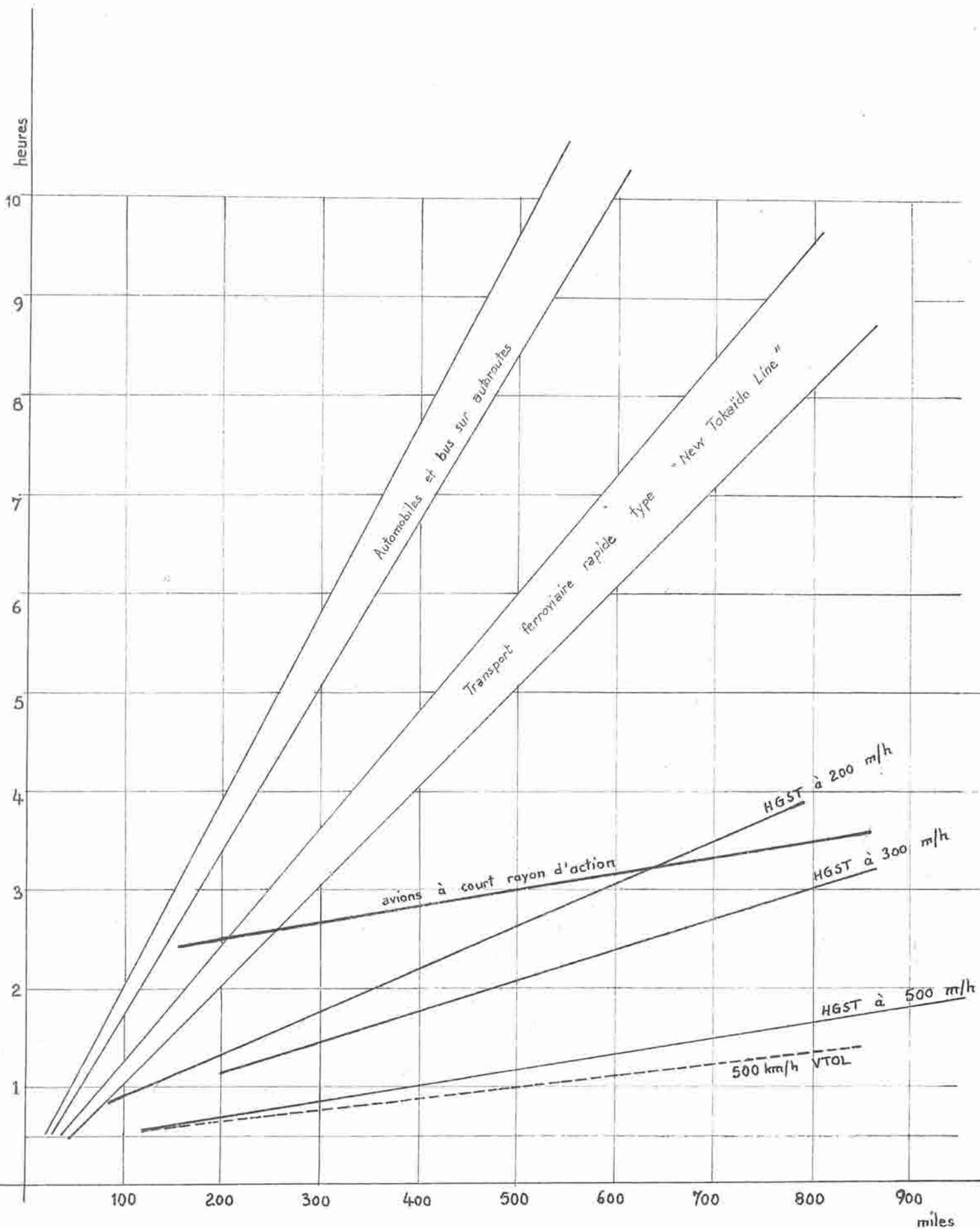
2.1. - Généralités.

Certaines régions de pays très développés, connaissent des problèmes multiples, qui sont dûs à la densité de la population. C'est le cas du North-East Corridor aux Etats-Unis, ou du Corridor Osaka-Tokio au Japon. Il semble que dans ces zones sururbanisées, les moyens de transport traditionnels aériens aussi bien que terrestres, soient inadaptés. Il est donc nécessaire de trouver un système de transport rapide nouveau, d'une grande souplesse d'exploitation, et satisfaisant aux contraintes de nuisance. Le gouvernement fédéral des Etats-Unis a donc lancé en 1965 un vaste programme d'études de la technologie des transports terrestres à grande vitesse : l'attention des groupes de recherche a été attirée par la technique des coussins d'air.

La technique du coussin d'air, en tant que technique de sustentation et de guidage d'un véhicule, permet à la fois une grande souplesse d'exploitation (fréquence élevée) et une vitesse moyenne élevée. D'autre part l'utilisation pour la propulsion, d'un moteur à induction linéaire permettrait de résoudre la plupart des problèmes de nuisances.

Des programmes de recherches et de développement sont entrepris actuellement, outre aux E.U., en France, en Grande Bretagne et au Japon. Le but de cette note n'est pas d'examiner tous les travaux de tous les pays, mais de voir dans quelles mesures un tel système peut être employé en France, dans la région de la Basse-Seine en 1985 et au delà.

Nous passerons en revue les diverses techniques de coussins d'air et de voies, puis nous dirons quelques mots sur les projets anglais et américain. La deuxième partie de cette note sera consacrée au système Aérotrain.



2.2. - Les aspects généraux des engins guidés sur coussins d'air.

Les aéroglesseurs terrestres guidés semblent offrir un grand intérêt en tant que transport interurbain. Différentes versions ont été étudiées, dont nous parlerons, mais comparé aux trains à grande vitesse, type New Tokaido Line, le système "Aéroglesseurs Terrestres Guidés" présente les avantages suivants :

- les Coûts initiaux de structures de la voie peuvent être réduits car les appareils futurs seront plus légers et donc l'impact des charges sera plus faible. D'autre part la voie pourra peut-être être construite avec une précision moins rigoureuse.
- Aux mêmes vitesses que les trains du New Tokaido Line, les coûts d'opération et ceux de maintenance du véhicule et de la voie, seront plus faibles : le véhicule n'est pas en contact avec la voie. D'autre part la puissance requise pour la sustentation et pour la propulsion diminuera parce que la structure de l'appareil sera plus légère.
- Le confort des passagers sera plus grand (moteur à induction linéaire, et pas de contact avec la voie).
- Des vitesses plus élevées, de l'ordre de 320 à 800 km/h peuvent être envisagées.

Avant d'aborder le chapitre des différentes techniques des coussins d'air, qui sont réalisés par surpression, signalons que en France, M. Barthalon a réalisé des coussins d'air par dépression. L'appareil au lieu de prendre appui, pour la sustentation, sur une surface au dessous de lui, est "aspiré" vers une surface située au dessus. La première sortie d'un engin expérimental a été effectué le 5 Mars 1968. L'Urba 4, (c'est son nom) est propulsé par un moteur linéaire, pratiquement silencieux. L'Urba, est actuellement considéré comme un véhicule urbain. Des essais

et des études supplémentaires, permettront de dire les possibilités de tels appareils.

2.2.1. - Les différentes techniques de coussins d'air :

Quelques types de coussins d'air sont illustrés schématiquement par la figure I. Dans la plupart des cas l'air est fourni par un ou plusieurs ventilateurs.

- a) Le type A, "Air Film" (filet d'air) exige une surface d'appui très lisse car la hauteur de fuite est très faible. Les projets de ce type, prévoient un rail en acier spécial et des pressions porteuses élevées : c'est le cas des projets de la Ford Motor Compagnie. On ne peut pas dire que la technique du filet d'air soit à proprement parler une technique coussin d'air.
- b) Le type B, appelé coussin d'air à cloche ou "Plenum Chamber", est utilisé par Bertin. C'est sans doute le moyen le plus simple de fournir un coussin d'air suffisamment épais pour permettre au véhicule de se déplacer sur une voie non parfaitement lisse, et dont les blocs ne sont pas rigoureusement alignés. On réalise le coussin d'air en faisant une surpression dans le fond de l'engin formant cloche. Lorsque la pression est suffisamment forte, l'engin s'élève d'une hauteur h , ou hauteur de fuite ; un courant de fuite s'établit sur les côtés de la cloche. L'air qui s'échappe ainsi doit être continuellement renouvelé, ce qui représente une perte de puissance.
- c) Le système C, système Hovercraft (système Cokerell), peut être considéré comme une version dérivée du système précédent. C'est un système à jet périphérique, ou système du rideau d'air. Ce "rideau" réduit le taux de fuite de l'air et a donc un double but : servir de coussin d'air,

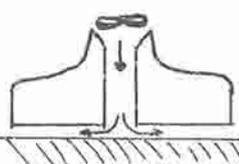
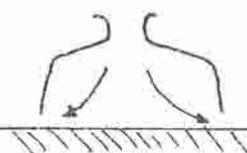
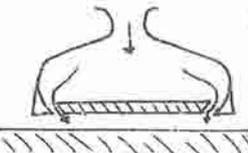
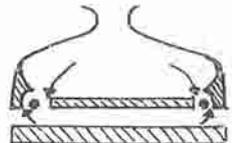
| Type | A | B | C | D |
|---------------------------------------|--|--|--|--|
| Coussin - source - pression |  Air Film Air Fan Très lente ; (15-100 PSI) |  Plein Ventilateur Basse (1-3 PSI) |  Coussin d'air simple - Ventilateurs Basse (1-3 PSI) |  Rain Wing Vitesse Proportionnelle à la vitesse. |
| Evacuation de l'air | Très petite (0,01-0,02" TYP) | Petite (0-1" TYP) | Accrue pour impuissance (0,5-1.0" TYP) | |
| VOIE | ACIER Surface très lisse et très ajustée au point de vue alignement | BETON Surface lisse et très ajustée au point de vue alignement | BETON Surface moins lisse et alignement moins précis qu'en A et B | BETON Surface moins lisse et alignement moins précis qu'en A et B |
| Potentiel de déceloppement | | |  Injecteur de recirculation d'air |  Rideau d'air pour accroître la fuite |
| Marque | Ford Levacar | Aérotrain | Hovercraft Develop. Limited | Nécessite un système séparé de sustentation, jusqu'à ce que la vitesse opérationnelle soit atteinte |

FIGURE 7.

et assurer en même temps une certaine "étanchéité". Une fois le coussin établi, c'est un air relativement stable qui reste dans le coussin, alors que dans le système Bertin, l'air est constamment renouvelé.

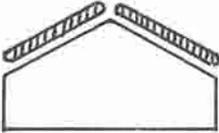
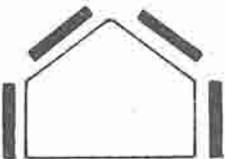
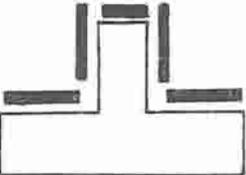
- d) Le type D, système Ram Wing n'est pas à proprement parler un système de coussin d'air, car la sustentation est assurée par le déplacement du véhicule. L'air s'engouffre en effet par l'avant, et faute de sortie est comprimé : à partir d'une certaine vitesse, l'engin s'élève. Le problème est d'amener l'engin à la "vitesse de sustentation", ce qui fait que le système Ram Wing peut être considéré comme un complément des systèmes B et C.

Si l'on fait le bilan, on ne retiendra que les systèmes B et C, qui peuvent assurer la sustentation des appareils à n'importe quelle vitesse, en se déplaçant sur des surfaces relativement peu égalisées. Sur ces deux techniques des améliorations peuvent être apportées qui ont pour but de limiter la fuite de l'air envoyé par les ventilateurs (recirculation de l'air dans le système C, ou adaptation des petites jupes souples).

2.2.2. - Les formes de voies :

Il est pratiquement certain que les véhicules guidés sur coussins d'air circuleront sur des voies surélevées, ceci afin de réduire l'emprise au sol. Dans ce paragraphe nous verrons uniquement les formes de la partie opérationnelle de la voie, et leur intérêt. Disons tout de suite que cette forme dépend du nombre de coussins d'air, et de la disposition de ceux-ci.

Les aéroglisseurs terrestres guidés possèdent en effet deux jeux de coussins d'air, l'un pour sustenter l'appareil, l'autre pour le guider, tout en lui évitant le contact avec la voie. Ce deuxième jeu de

| nombre de coussins | | | | | Remarques sur le profil du coussin | |
|-------------------------------------|--|--|---|--|--|---|
| 2 | | |  <p>(a)</p> |  <p>(b)</p> | peu stable | |
| 3 |  <p>(c)</p> | | |  <p>(d)</p> | la rigidité du véhicule en roulis est substantiellement celle du coussin | |
| 4 |  <p>(e)</p> |  <p>(f)</p> |  <p>(g)</p> |  <p>(h)</p> |  <p>(i)</p> | la rigidité du véhicule en roulis est augmentée par la poussée des coussins horizontaux |
| Remarques sur la section de la voie | Entasse les débris Section faible de la poutre | | 4 surfaces à aligner FORTE SECTION DE LA POUTRE | 3 surfaces à aligner FORTE SECTION DE LA POUTRE | Tend à collecter les débris SECTION FAIBLE DE LA POUTRE | |

coussins est particulièrement nécessaire lorsque l'engin suit les courbes de la voie, et lorsque les vents de côté sont forts.

Les forces latérales dues aux courbes de la voie sont limitées à de petites valeurs, pour le confort du passager ; elles sont déterminées par les forces aérodynamiques latérales. Comme celles-ci seront "appliquées" sur les surfaces de la voie qui sont au dessous de leur ligne d'action, un moment de roulis sera imparti au véhicule. La force du roulis qui peut être tolérée à grande vitesse est évidemment limitée, et c'est la restriction du déplacement en roulis, plutôt que le fait de surmonter la force centrifuge elle-même qui est sans doute le problème majeur du guidage des véhicules.

La figure II montre quelques combinaisons de coussins d'air et les schémas de la partie opérationnelle de la voie qui ont été étudiées pour les applications à un moyen de transport terrestre à grande vitesse.

Des essais pour économiser le nombre de coussins d'air en utilisant la composante horizontale de la force de sustentation d'un coussin incliné pour le guidage ont été effectués (Figures IIa et IIb) : le véhicule est peu stable. Les profils les plus efficaces de la voie, par rapport aux mouvements de roulis du véhicule, sont ceux où 4 coussins d'air agissent sur les surfaces horizontales et verticales d'une voie rectangulaire ou d'une voie en forme de T renversé. Ceci est dû au fait que les coussins d'air sont rigides dans le déplacement vertical et de là, le "moment de roulis" sur le véhicule, est réagi le mieux comme une différence des forces de sustentation. Ces profils permettent aussi l'accroissement de l'effet différentiel de sustentation en alimentant chaque coussin de sustentation par un ventilateur indépendant sous réserve d'aménagements convenables : 3 coussins sont utilisés dans la figure IIId sur une voie rectangulaire ; ceci peut être adéquat dans les cas où la voie est suffisamment large, mais alors la rigidité du véhicule en roulis est substantiellement celle des coussins eux-mêmes.

Comme la possibilité d'être opérationnel par tous temps est un avantage potentiel important, la nécessité de ne pas garder les "débris" sur la voie est importante. Cette considération élimine les cas IIIa, IIIc, IIIe, IIIf comme impraticables en plein air (pluie, ou neige...). On pourrait faire une fente au fond de la voie qui permettrait l'évacuation des débris (la neige serait difficilement évacuée), mais la voie serait coupée en deux, d'où il en résulterait d'autres problèmes dont les solutions existent, mais qui accroîtront le coût de la voie. L'avantage d'une voie rectangulaire sur celle en T renversé, est que la voie en T renversé conserve plus facilement les "débris" surtout lorsque des tronçons de voie ne sont pas assemblés avec une précision rigoureuse.

En résumé, les schémas IIId, IIg, IIh et IIIi sont possibles, mais une voie de forme rectangulaire avec 3 ou 4 coussins d'air est plus recommandée. D'autre part du point de vue de la construction, une voie rectangulaire est plus facile à mouler en béton, et a une bonne rigidité de torsion. Il est probable que les profils des coussins de la figure II seront répétés à chaque fin du véhicule de telle sorte qu'il sera sustenté et guidé par 6 ou 8 coussins d'air. Le nombre des coussins résulte de considérations fondamentales qui ne dépendent pas de la dimension du véhicule.

2.2.3. - Etat des travaux en Grande Bretagne.

En Grande Bretagne, le concept des véhicules sur coussins d'air a eu pour pionnier M. Christopher Cokenel, actuellement directeur technique de Hovercraft London Development (HDL). Le programme de développement de cette Compagnie, a été parainné par la National Research Development Corporation (NDRC).

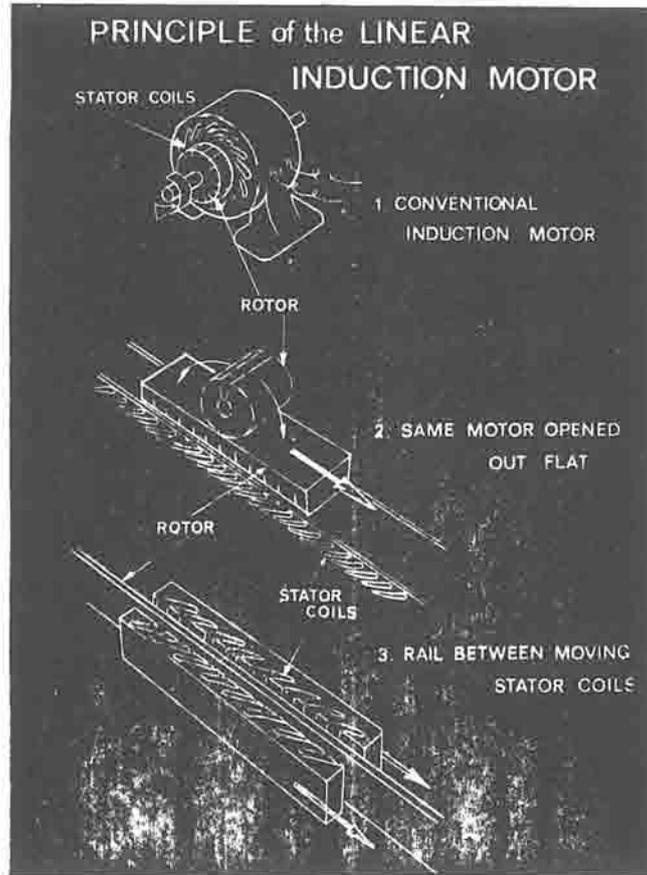
Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les recherches pour la construction d'un Hovertrain ont commencé dès 1960, mais pour

diverses raisons, les résultats des études n'ont pas été exploités, et il y eu une sorte de temps mort entre 1960 et 1965 : La Compagnie Hovercraft Development Ltd s'intéresse d'avantage aux aéroglisseurs libres, et construit la série des Hovercrafts maritimes SRN équivalents des Naviplanes français. Depuis 1965 des études et des tests ont été entrepris sur l'Hovertrain, dont les résultats n'ont pas été divulgués. HDL espère faire un effort considérable pour la mise au point d'un Hovertrain propulsé par un moteur électrique à induction linéaire.

Disons que la technique de coussins d'air employée par les anglais est celle du jet périphérique (cf. Figure IC) que la forme du rail adopté est une forme rectangulaire, avec 4 ou 8 coussins d'air (cf. Figure IIh) : le guidage se fait latéralement, mais des problèmes d'aiguillage se posent.

Dernièrement des efforts ont été concentrés sur l'étude et la construction d'un modèle de 6 pieds avec sa voie. Ce modèle a démontré pour la première fois, la combinaison d'un moteur à induction linéaire et la technique des coussins d'air à jet périphérique, le moteur servant à la propulsion.

Le moteur à induction linéaire a été construit par le Dr. Eric R. Laithwaite à l'Impérial Collège of Science and Technology. Il consiste en un strator intégré au véhicule (cf. Figure III), et un rotor qui est une bande plate d'aluminium fixée à la surface supérieure de voie, et en son milieu. Ce moteur développe 17 livres de poussée, et a un rendement élevé. Mais pour la vitesse de 20 à 25 miles/heure, 5 livres de poussée suffisent. Le strator est centré sur le rotor en aluminium par des petites roues en nylon (dans le modèle vraie grandeur, ces roues pourront être remplacées par des coussins d'air). Ce strator est suspendu au véhicule par des ressorts de tension, il suit donc le véhicule, tandis qu'un courant polyphasé est distribué dans des bandes de laiton enfoncés sous la bande d'aluminium.



Principe de moteur à induction linéaire.

Des travaux sont effectués par Mr. Denys S.B. Bliss à HDL, qui a l'intention de réanalyser presque complètement le concept. Il est donc encore prématuré de tracer les profils futurs dans le détail, des Hovertrains. Il semble cependant que HDL est beaucoup plus favorable à la propulsion électrique par induction linéaire, qu'aux propulsions plus classiques que sont les hélices aériennes, ou les turbines. La Compagnie britannique croit à l'intérêt d'un développement parallèle de la technique des coussins d'air (suspension et guidage) et de celle du moteur à induction linéaire (propulsion).

2.2.4. - Aux Etats-Unis.

On ne peut pas dire que les américains aient déjà envisagé la construction d'un véhicule guidé sur coussins d'air. Mais un vaste programme de recherche sur les systèmes terrestres de transport rapide a été lancé en 1965, avec un budget correspondant important.

Des études technologiques ont été effectuées qui auront un impact profond sur les transports terrestres des années futures, car le but de ces études cherche à développer des technologies non employées dans les moyens de transports actuels (ou peu employées) qui incluent de nouvelles caractéristiques de propulsion, de suspension, guidage, contrôle, confort, sécurité etc... Ce travail a pour but un développement éventuel de tous les nouveaux modes de transport interurbain capables de vitesses de 200 à 500 miles à l'heure (320 à 800 km/h environ) cf. Survey of Technology for High Speed Ground Transport. Part. I. Massachusetts Institute of Technology. Juin 1965.

Le programme qui a été décidé par le gouvernement fédéral suivra les étapes ci-dessous :

- 1966 - 68 : Etudes et Analyses des systèmes Coûts et Avantages des divers systèmes.
- 1968 - 70 (phase actuelle) : choix d'un système et décision de financement
- 1970 - 78 : Mise au point et construction
- 1978 - 80 : Tests avant mise en service.
- 1980 - : Exploitation du système.

Parmi les systèmes de transport en compétition il y a :

- Le transport ferroviaire rapide de type New Tokaido Line
- Le système train auto, R. Rollway.
- Les véhicules sur coussins d'air type Aérotrain
- Les véhicules sur coussins d'air type Hovertrain
- Les véhicules sur coussins d'air souples, avec moteur à induction linéaire (Général Motors Hovair)
- Tubes à vides, type Gravity vacuum transit (GVT) etc...

Pour M. Howard R. Ross, spécialiste des problèmes de transport au Standford Research Institute, les engins sur coussins d'air ont la plus grande chance d'être retenus (cf. Hovering Craft and Hydrofoil - Octobre 1966). A l'échelle d'un système de transport, il n'est pas vraisemblable que les Etats Unis ne développeront pas leur propre technique de véhicules sur coussins d'air. La compétition pourrait se jouer au niveau des brevets d'invention. Ceci nous amène à la technique "Aérotrain", qui au point de vue de la réalisation, est certainement la plus avancée.

2.3. - L'Aérotrain.

L'Aérotrain en est actuellement au stade des essais. Un véhicule demi-grandeur a été expérimenté sur une voie longue de 6 km à Gometz le Chatel, la presse et la radio ont longuement relaté les essais

de ce véhicule, et notamment, lors du dernier essai de Décembre 1967, l'appareil a atteint la vitesse de 345 km/h, avec une fusée d'appoint. La décision a été prise de construire une voie longue de 20 km entre Lion en Beauce et Orléans, sur laquelle un engin prototype, vraie grandeur, sera expérimenté. Ce dernier Aérotrain, véritablement opérationnel, fera son apparition en 1969 et pourra transporter 80 passagers.

Nous allons décrire rapidement l'Aérotrain avant de passer à une étude détaillée des coûts. Puis nous proposons de faire l'inventaire des lignes possibles dans la région qui nous intéresse.

2.3.1. - Description de l'Aérotrain.

L'Aérotrain ressemble au train par le fait qu'il est un véhicule guidé par un rail, mais au point de vue structure et propulsion, il s'apparente beaucoup plus à l'avion. Son originalité réside dans l'utilisation de la technique des coussins d'air, à la fois pour la sustentation, et pour le guidage du véhicule sur son rail. L'Aérotrain utilise en effet deux jeux distincts de coussins d'air, l'un servant à sustenter l'appareil, ce qui lui évite d'être en contact avec la voie, l'autre, à le guider.

a) Description du véhicule.

En gros, c'est une sorte d'atorail surmonté à l'arrière d'une hélice aérienne carenée et enjambant un rail en forme de T renversé. Nous considérons l'Aérotrain en tant que voiture unique (une sorte d'avion sur rail), les problèmes d'attelage sont pour l'instant écartés non pour des raisons techniques, mais pour des considérations de stratégie commerciale.

Ainsi, la voiture Aérotrain voit sa longueur limitée à 25 mètres pour éviter les problèmes d'articulation dans les courbes, problèmes difficiles à résoudre aux grandes vitesses ; et sa largeur à 4 mètres pour des raisons de gabarit et de pénétration urbaine.

Le plancher de la cabine passagers sera surélevé et plat, ce qui permettra un aménagement rationnel et plus agréable pour les passagers. Cette cabine offrira de 64 à 90 sièges suivant les normes de confort qui seront adoptées. D'autre part, des cloisons démontables permettent le transport de fret. Les dimensions de l'appareil prototype seront les suivantes :

| | |
|--|---------------------|
| • Longueur hors tout : | 25 m |
| • Largeur : | 3,2 m |
| • Hauteur au droit de la cabine : | 3,2 m |
| • Hauteur au droit de l'hélice : | 4,5 m |
| • Surface des coussins de sustentation : | 47,5 m ² |
| • Surface des coussins de guidage : | 23 m ² |
| • Surface du maître-couple : | 10,5 m ² |
| • Poids à vide : | 11.050 kg |
| • Carburant : | 950 kg |
| • 2 hommes d'équipage : | 150 kg |
| • Charge marchande : | 7.700 kg |
| | <hr/> |
| • Poids total en charge : | 19.800 kg |

Les performances de cet appareil seront les suivantes :

- Vitesse de croisière : 250 km/h
- Vitesse maximum : 300 km/h
- Pente absorbable (avec redémarrage) : 10 %
- Pente absorbable à vitesse constante (250 km/h) : 5 %

- Distance d'accélération : 1.900 m
- Distance d'arrêt normal : 1.500 m
- Distance d'arrêt d'urgence : 700 m

La sustentation et le guidage seront assurés par des ventilateurs entraînés par turbomoteur insonorisé. Ce turbomoteur peut être remplacé par un moteur électrique, ou même par un groupe de moteurs type moteurs d'automobiles. En cas de panne, chaque moteur pourra être isolé de la transmission par un débrayage, les autres moteurs continuant à assurer la sustentation et le guidage.

Pour la propulsion, des turbomoteurs insonorisés seront encore utilisés, qui par transmission mécanique mettront en mouvement une hélice aérienne carenée. Dans les zones urbaines, on pense stopper l'hélice pour supprimer le bruit, et l'appareil se déplacerait grâce à 2 roues munies de pneumatiques, escamotables, situées l'une à l'arrière et l'autre à l'avant. Ces roues à la fois motrices et directrices, seraient mues hydrauliquement ; la génératrice hydraulique étant entraînée par les moteurs servant à la sustentation des coussins d'air. Ce système à l'avantage d'être silencieux, mais ne permet pas une vitesse élevée.

Dans l'état actuel des choses, la propulsion de l'Aérotrain sera vraisemblablement assurée par 2 turbomoteurs de 1300 CV chacun actionnant une hélice aérienne.

Le freinage est obtenu par inversion du pas de l'hélice, pincement du rail de guidage par des mâchoires de freins, et suppression volontaire de la sustentation.

Une version "meilleur marché", serait d'installer des moteurs d'automobile standard, entraînant une hélice libre (ou des roues propulsi-

ves équipées de pneus). Mais là aussi, la vitesse de l'Aérotrain serait notablement réduite.

Autre solution pour les zones urbaines et suburbaines : toute la puissance de propulsion peut être reportée sur les roues, donc motrices, mais ne supportent pas l'appareil, la sustentation restant assurée par les coussins d'air. Ce système pourrait permettre des vitesses de l'ordre de 200 km/h. Dans ce même type d'Aérotrain on pourrait employer la traction électrique.

Il faut encore noter les possibilités que pourrait offrir à l'Aérotrain le moteur à induction linéaire pour la propulsion.

Un moteur électrique à induction linéaire, destiné à la traction, se compose essentiellement de 2 parallélépipèdes de matériau magnétique, disposés symétriquement par rapport à un espace amagnétique (entrefer). Les faces en regard sont encochées pour recevoir les conducteurs d'un enroulement polyphasé symétrique. Lorsque ces conducteurs sont parcourus par des courants sinusoidaux équilibrés l'ensemble des encoches est équivalent à une onde mobile de forme magnétomotrice :

$$(1) \quad J = J_m \sin(\omega t - v x - P_h)$$

J_m : ampères/mètre

P_h : phase dépendant des origines choisies

Dans l'entrefer passe une nappe conductrice de grande longueur et de résistivité ρ .

Les courants définis par (1) engendrent une onde d'induction magnétique mobile qui, d'après les lois de Foucault et de Lenz tend à entraîner la nappe conductrice dans le sens de son déplacement. Ce moteur à déjà

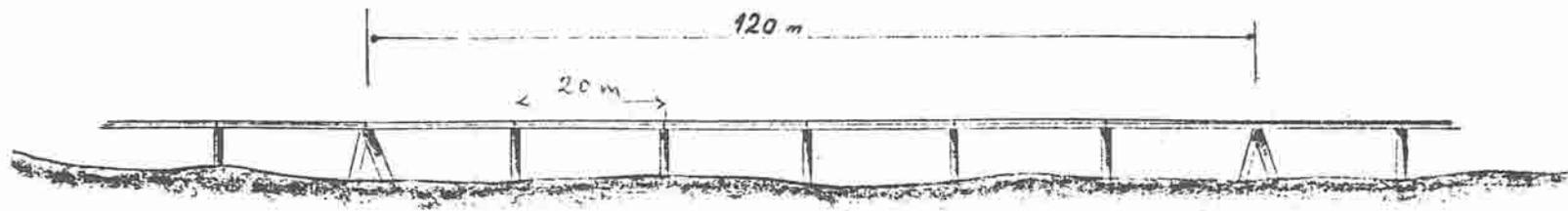
fait l'objet de nombreuses études théoriques et pratiques (Note de M. Michel Pouloujadoff - Perfectionnement à la théorie des moteurs d'induction linéaires destinés à la traction) notamment par la société Merlin et Gerin, en liaison avec l'université de Grenoble.

Une nouvelle voie expérimentale de 3 km, parallèle à la voie de Gometz le Chatel pourrait être construite, afin de tester l'association de la technique Aérotrain et de celle du moteur à induction linéaire. Les avantages d'un moteur à induction linéaire sont connus, mais des questions peuvent se poser quant à son coût.

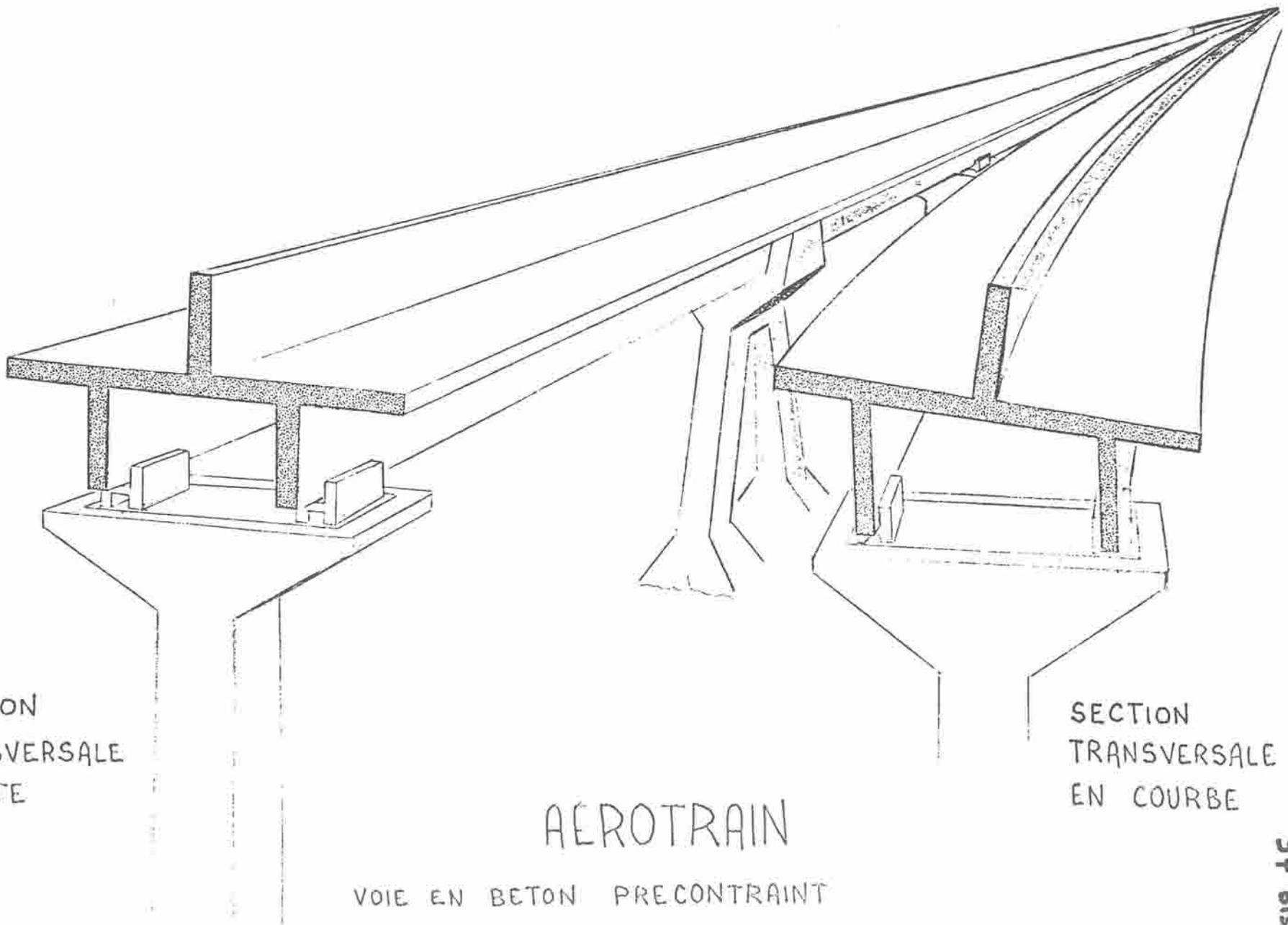
b) La voie de l'Aérotrain.

L'Aérotrain est normalement prévu pour circuler sur une voie surélevée de 5 mètres environ, tant pour des raisons de sécurité que pour laisser en dessous la complète liberté du sol, et faciliter en même temps la traversée de petites routes ou d'obstacles secondaires, qu'on peut enjamber aisément, sans qu'il soit besoin d'ouvrages d'art particuliers. En rase campagne la voie de l'Aérotrain entraîne donc l'acquisition de droits de survol (analogie avec les lignes de transport d'énergie électrique), mais peu ou même pas du tout d'expropriation proprement dite (Note du 15 Décembre 1966 - Paris).

Ceci implique une forme assez, particulière pour les gares et stations d'Aérotains. Un intérêt qui n'est pas mentionné dans la note précitée, est qu'il est possible de jouer sur la hauteur de la voie, ce qui permet d'éviter certaines sinuosités et parfois même le percement de tunnels. Il faut encore noter la possibilité pour l'Aérotrain d'absorber des pentes importantes (5 % voire 10 %). Un tracé d'une ligne d'Aérotrain sera donc plus facilement rectiligne qu'un tracé d'une ligne de chemin de fer.



partie fonctionnelle



SECTION
TRANSVERSALE
DROITE

SECTION
TRANSVERSALE
EN COURBE

AEROTRAIN

VOIE EN BETON PRECONTRAIN

La figure ci-contre montre plus nettement qu'aucune description, la forme en T renversé de la partie fonctionnelle de la voie. La largeur est de 3,40 m et la hauteur du rail de guidage central est de 0,90 m.

Des matériaux très différents peuvent être employés dans la construction de la voie qui peut d'ailleurs prendre des formes diverses cf. 1ère Partie. Une des solutions les plus intéressantes est représentée sur la figure : la voie est en béton précontraint ; on utilise des éléments de 20 mètres de portée, collés et précontraints par 6 à la fois, de façon à réaliser un bloc de voie de 120 m de long entre 2 joints de dilatation. Il est vraisemblable que la voie qui sera construite entre Lion en Beauce et Orléans sera de ce type.

Signalons que les aiguillages, croisement et changement de voies sont techniquement possibles, certains ont d'ailleurs été testés avec succès.

Cependant la nécessité de grands rayons de courbure pose des problèmes lorsque l'Aérotrain doit traverser des milieux urbains. Des expropriations importantes risquent d'être nécessaires, ce qui augmenterait sensiblement le coût d'un tel système. Une optimisation serait nécessaire, entre la vitesse et le prix des expropriations.

2.3.2. - Etude des coûts.

A la demande conjointe de la DATAR et du SAEI, la Société d'Etude de l'Aérotrain a mis au point un modèle technico-économique assimilable pour ordinateur IBM - 360. Ce modèle fonctionne actuellement au SAEI sur ordinateur IBM - 1130. Le type d'Aérotrain employé dans le modèle est très voisin de l'appareil prototype qui sera construit (propulsion par hélice aérienne etc...).

C'est un programme non linéaire, minimisant une fonction de coût généralisé, sous certaines contraintes. Un trafic journalier est simulé (entrées), et le modèle donne le type d'Aérotrain (vitesse, dimension, etc...) satisfaisant cette demande à un moindre coût généralisé (prix de revient + coût du temps). Nous précisons ci-dessous les entrées et sorties du modèle (Cf. SAEI - Etude Economique de l'Aérotrain - Août 1967).

Entrées :

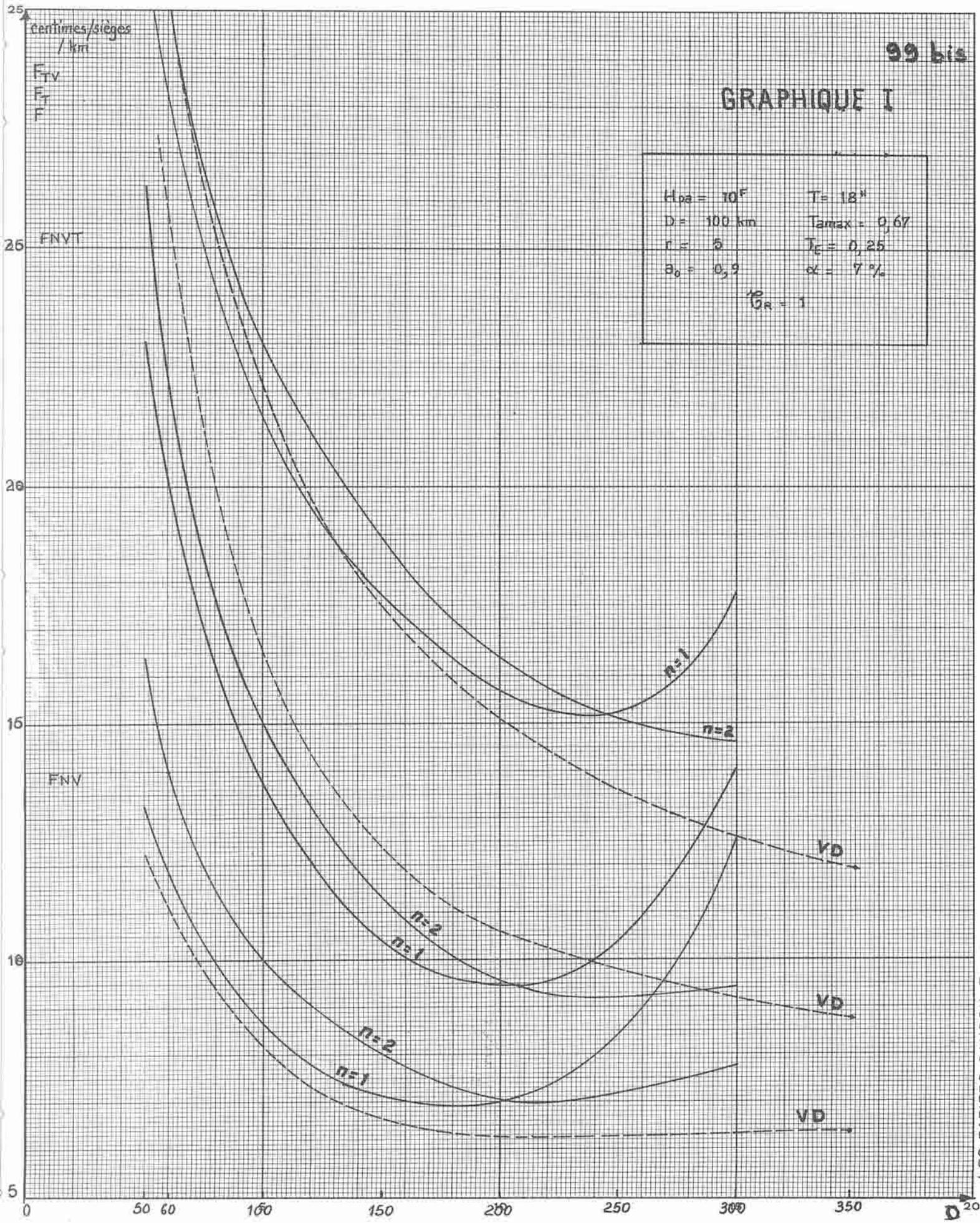
- . D = la distance en ligne (km) : parcours direct sans station intermédiaire.
- . C_1 = le trafic nominal (passagers/heure), c'est à dire le nombre de passagers se présentant en heures creuses.
- . r = le coefficient de pointe.
- . ξ_r = coefficient de remplissage des véhicules en heures creuses.
- . a = longueur des sièges.
- . b = largeur des sièges.
- . ξ_E = fraction du temps d'exploitation aux heures de pointe.
- . T_E = temps total d'exploitation journalier.
- . $T_{a \max}$ = temps maximum séparant 2 départs.
- . H_{pa} = valeur du temps (francs/heure).

Sorties :

- T_a = temps séparant 2 départs.
- N_v = nombre de véhicules nécessaires.
- L = longueur de chaque véhicule
- l = largeur de chaque véhicule.
- S = nombre de sièges offerts par véhicule
- V_c = vitesse de croisière.
- P_a = nombre de passagers x km par an.

GRAPHIQUE I

$H_{02} = 10^F$ $T = 18^N$
 $D = 100 \text{ km}$ $T_{\text{max}} = 0,67$
 $r = 3$ $T_C = 0,25$
 $\theta_0 = 0,9$ $\alpha = 7\%$
 $\sigma_{OR} = 1$



centimes/sièges / km

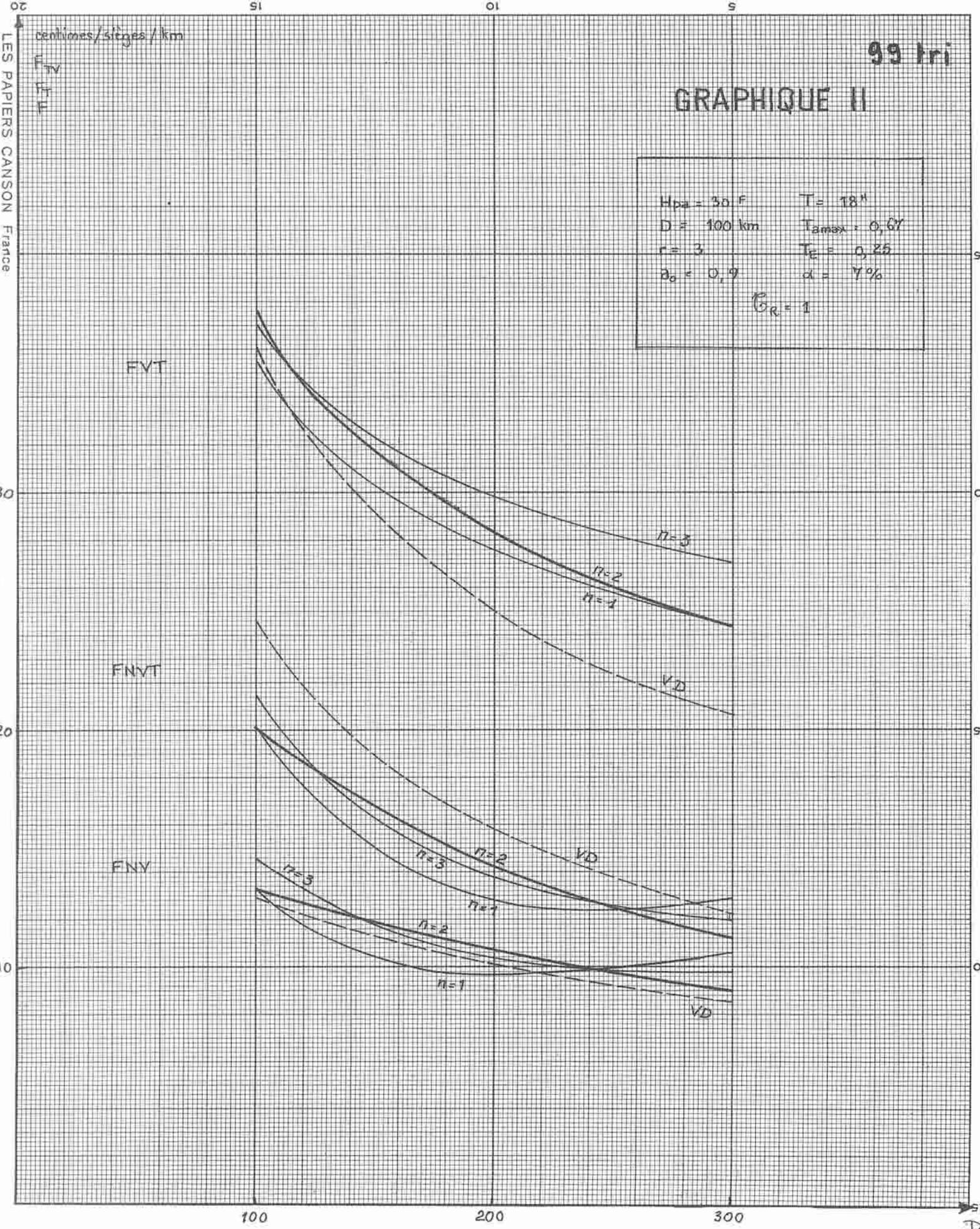
F_{TV}
 F_T
 F_V

FNYT

FNV

GRAPHIQUE II

| | |
|-----------------|-------------------|
| $H_{pa} = 30 F$ | $T = 18^{\circ}$ |
| $D = 100 km$ | $T_{amax} = 0,67$ |
| $r = 3$ | $T_E = 0,25$ |
| $\beta_0 = 0,9$ | $d = 7\%$ |
| $G_R = 1$ | |



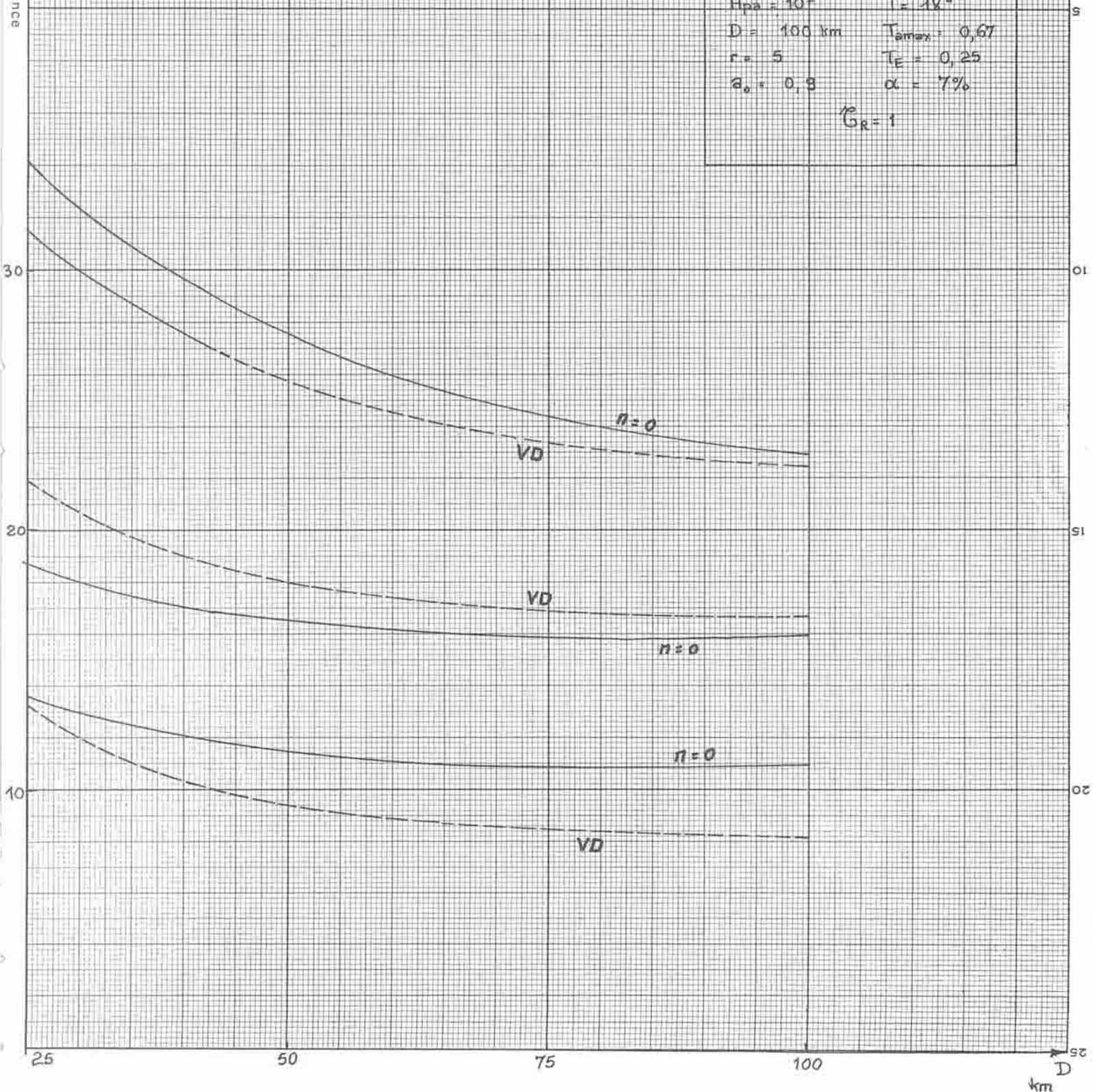
centimes/sièges/km

F_{TV}
 F_{TV}
 F_{TV}

99 quanto

GRAPHIQUE III

| | |
|----------------------|------------------|
| $H_{pa} = 10^F$ | $T = 18^u$ |
| $D = 100 \text{ km}$ | $T_{max} = 0,67$ |
| $r = 5$ | $T_E = 0,25$ |
| $a_0 = 0,8$ | $\alpha = 7\%$ |
| $G_R = 1$ | |



G_{ae} = coût d'un véhicule équipé
 F = coût partiel (coût d'exploitation) par passager x km
 F_r = coût partiel valorisé
 C_j = trafic journalier 2 sens réunis
 F_I = coût de l'infrastructure (coût par passager km)
 F_T = coût total par passager km
 F_{TV} = coût total valorisé.

Les calculs qui ont été effectués permettent notamment d'apprécier la sensibilité du système Aérotrain par rapport à différents paramètres de trafic, tels le débit horaire nominal et la distance.

Les graphiques ci-après montrent l'évolution des coûts suivant le débit horaire C_1 et suivant la distance. Ces graphiques méritent quelques explications supplémentaires :

- les coûts portés en ordonnées sont F , F_T et F_{TV} .

F est le coût partiel, c'est à dire pratiquement le coût d'exploitation, les amortissements de voie non compris.

F_T est le coût total d'exploitation : amortissement de la voie compris.

F_{TV} est le coût total valorisé : c'est à dire qu'il inclut le coût total F_T plus un certain coût social dépendant directement de la valeur moyenne du temps attribuée aux voyageurs. Le principe de ce calcul, est de savoir dans quelle mesure, un moyen de transport plus rapide mais plus cher au point de vue prix de revient technique, est en fin de compte plus avantageux pour l'ensemble des voyageurs.

$n = i$ est une voie simple avec i aires d'évitement.

VD = est la voie double.

C_1 = trafic horaire nominal. Pour passer de C_1 au trafic journalier C_j deux sens réunis on utilise la formule suivante :

$$C_j = 2 T_E C_1 \left[\mathcal{L}_R + \mathcal{L}_E (r - 1) \right]$$

Prenons l'exemple du graphique I :

pour $C_1 = 200$:

$$C_j = 2 \times 18 \times 200 \left[1 + 0,25 (5 - 1) \right]$$

$$C_j = 14.400 \text{ personnes.}$$

Autrement dit pour un trafic de 14.400 personnes/jour, les 2 sens réunis, le coût valorisé du km x siège offert en voie double est de : $F_{TV} = 15,1$ centimes, et $F_T = 10,6$ centimes et $F = 6,3$ centimes. Les graphiques permettent d'autre part, une comparaison rapide de solutions : voies simples avec une, deux ou trois aires d'évitement, voie double.

- \mathcal{L}_R est le taux de remplissage marginal. On passe au taux de remplissage moyen \mathcal{L}_{RM} par la formule :

$$\mathcal{L}_{RM} = \frac{\mathcal{L}_R + (r - 1) \mathcal{L}_E}{1 + (r-1) \mathcal{L}_E}$$

Dans notre exemple nous avons pris $\epsilon_R = 1$, pour avoir les coûts par siège x km offerts. Nous pouvons passer du coût par km x siège au coût par passager x km, pour $\epsilon_R < 1$ par la relation suivante :

$$F_{\text{passager}} = \frac{F_{\text{siège}}}{\epsilon_{RM}}$$

Exemple : (graphique I)

$$\text{SI } \epsilon_R = 0,6 \Rightarrow \epsilon_{RM} = 0,8$$

Pour $C_1 = 200$, $r = 5$, le nombre de sièges offerts est de 14.400, et le coût par siège x km offerts est : $(F_{TV})_{\text{siège}} = 15,1$.

Le coefficient d'occupation moyen est de $\epsilon_{RM} = 0,8$.
Donc le coût du km x passager transport est de :

$$(F_{TV})_{\text{passager}} = 15,1 \times \frac{1}{0,8} \simeq 18,87 \text{ centimes.}$$

Les passages qui ont été effectués sont révélateurs : l'Aérotrain sera un moyen de transport intéressant pour les trafics importants (à partir de 9.000 voyageurs par jour dans les 2 sens).

2.4. - L'Aérotrain et la Basse-Seine.

On peut envisager différents tracés d'Aérotrains pour la Basse-Seine, mais comme pour les premières lignes de chemins de fer exploitées, une extrémité de la ligne d'Aérotrain sera Paris. Ceci est évident étant donné la dispersion géographique des activités que peut procurer un tel système de transport mais aussi la nécessité d'un trafic potentiel important d'un point à un autre.

Une ligne de type Paris-Rouen-Le Havre pourrait être envisagée :

- Paris - Rouen - Le Havre par le Nord (ou Rive Droite),
- Paris - Evreux - Rouen-Sud - Le Havre, avec le risque de faire d'Evreux une banlieue de Paris,
- Paris - Rouen-Sud - Le Havre.

Un second type de ligne d'Aérotrain, plus "hypothétique" serait Paris - Rouen-Sud - Caen, avec ou sans arrêt entre Rouen et Caen, permettant une correspondance vers Le Havre.

Il est évidemment très difficile de dire à l'heure actuelle quelles sont les possibilités de développement de lignes d'Aérotrain dans la Basse-Seine, cette région ne présente pas comme d'autres régions du monde des problèmes de saturation des moyens de transport. Le développement de pôles d'attraction économiques pourrait permettre le développement de lignes d'Aérotrain ; c'est une condition nécessaire, mais l'existence d'une ligne de transport à grande vitesse favoriserait la croissance de ces pôles.

3. - LES TRANSPORTS ROUTIERS.

3.1. - La voiture particulière (VP) - son évolution.

3.1.1. - Le parc français - son volume - évolution de ce volume.

Les recensements successifs se traduisent par le tableau ci-dessous :

| 1948 | 1955 | 1960 | 1965 | Fourcentage d'Augmentation entre 64 / 65. |
|--------------------------------|------|------|------|---|
| VP et commerciales 1,5 M | 3 | 5,5 | 8,8 | 12,8 % |

(1) Tiré des études de la Direction des Routes et de la Circulation Routière.

On peut retenir comme paramètres de cette évolution :

- le pouvoir d'achat, expression du niveau de vie
- le coût d'utilisation de la voiture
- la qualité des transports en commun
- le type des loisirs.

cf : autres sources et en particulier les documents S.A.E.I.

Les variations dont sont susceptibles ces paramètres conduisent à l'accroissement de la densité automobile (nombre de véhicules/habitant) selon le tableau suivant :

| | | | |
|-------|-------|------|------|
| 60 | 65 | 70 | 85 |
| 0,125 | 0,195 | 0,28 | 0,33 |

Une amorce du phénomène de saturation apparaît rapidement après 1970, évolution semblable à celle des Etats-Unis, où la saturation semble atteinte (1 véhicule pour 3 habitants).

L'estimation du parc serait donc (1).

| | | | | | | |
|---|----|----|-----|----|----|------|
| | 48 | 55 | 60 | 70 | 85 | 2000 |
| P | 15 | 3 | 5,5 | 14 | 22 | 25 M |

Ce qui donne une forme de courbe mettant en évidence le phénomène de saturation.

3.1.2. - Le coût d'utilisation de la voiture pour l'utilisateur.

Pour le choix d'un moyen de transport, ce coût d'utilisation est un élément de décision de l'utilisateur, ce dernier semblant cependant plus sensible au coût apparent (prix du carburant) qu'au coût réel. Le coût réel comprend trois types de frais distincts.

.../...

(1) Groupe 85 des Transports.

- a) Frais directement inhérents au déplacement du véhicule.
 - b) Frais périodiques annuels.
 - c) L'achat annuel et l'amortissement du capital.
-
- a) Cette catégorie de frais comprend : le carburant, l'entretien graissage vidange, les pneumatiques et le forfait réparation; sa contribution s'élève en 68 à un pourcentage de l'ordre de 40 %, le carburant ou coût apparent représentant 25 %.
 - b) Dans les frais périodiques annuels sont inclus l'assurance, la vignette l'intérêt du capital; 33 % du montant total.
 - c) Le prix de la voiture à l'achat. Ce dernier prix dépend essentiellement du type du véhicule et est susceptible de varier selon la conception du véhicule (un peu plus du quart du montant global).

Quelles sont les tendances d'évolution des caractéristiques techniques de la voiture pour la période 1985, 2000 ?

3.1.3. - Caractéristiques techniques futures (1985 - 2000)

(Les plus probables).

- Une rapide synthèse des différentes études effectuées sur le sujet; REF
- (1) CGE Régulation Electronique de la Circulation Automobile
 - (2) Automobiles To Day and To Morrow G.A. HOFFMAN (Rand Corporation)
 - (3) Trends of Véhicules - Dimensions and Performance Characteristics K.A. STONE S.A.E.

se traduit par les conclusions suivantes : on n'assitera pas à une révolution technique mais à une amélioration des techniques existantes, à savoir :

- a) - La source d'énergie sera toujours fournie par un hydrocarbure par l'intermédiaire d'un moteur à combustion interne, les inconvénients des systèmes vapeur, électricité s'avérant trop difficiles à surmonter, pour un véhicule destiné au trafic interurbain.

Ce moteur sera toujours à capsulisme (soit piston linéaire classique, soit rotatif Wankel etc...), les inconvénients du système turbine n'assurant un rendement énergétique acceptable qu'à partir de puissance de l'ordre de 400 HP et étant grevé, par ailleurs, d'un prix de revient très lourd.

Le rapport volume système de propulsion/volume habitable, la puissance volumique augmentant de 25 % - source : (2)

- b) - Le "design" général. On n'assitera pas à l'introduction de techniques nouvelles (sustentation par coussin d'air, etc...). La voiture gardera son allure classique avec une évolution marquée par la recherche :

- d'une plus grande sécurité
- d'un plus grand confort
- d'une amélioration des performances
- d'une réduction des nuisances
- d'une adaptation au contrôle automatique.

Ces différents buts et les solutions proposées s'interpénètrent et revêtent un caractère nécessaire ; une législation naît pour les régler. Aux U.S.A. des directives précises sur la conception du véhicule ont

été données (normes de sécurité), par exemple pour la pollution par gaz d'échappement des taux maximum admissibles ont été fixés (ETAT DE CALIFORNIE).

- Taux d'hydrocarbure en volume inférieur à 25/1000000.
- Taux de CO en volume inférieur à 1,5 %.

- c) - Plus grande sécurité. Elle sera obtenue par les améliorations techniques portant sur les enveloppes pneumatiques (meilleure adhérence) sur les freins (adaptation généralisée du système "disques" avec dispositif anti-blocage des roues, endurance prolongée.

La conception de la coque fera appel à des matériaux plus spécialisés, acier haute résistance, aluminium plastique combiné de façon à absorber le choc éventuel dans la partie déformable.

Dans le même but, seront étudiées rationnellement la répartition des masses et la conception de la suspension.

- d) Plus grand confort. La filtration des vibrations "fatigantes" sera plus poussée et l'on assistera à un développement des mécanismes d'asservissement pour les freins, la direction, les dispositifs automatiques transmission, type powerglide avec amélioration des convertisseurs.
- e) - L'amélioration des performances. Elle se fera dans le contexte proposé précédemment des améliorations permettant de soutenir des vitesses de l'ordre de 100 km/h sur autoroute dans des conditions satisfaisantes de sécurité et de confort.

La limitation apparaît dans les possibilités de contrôle du conducteur (temps de réaction, limite de son attention). Les vitesses supérieures exigeront raisonnablement un guidage automatique du véhicule (guidage électronique...).

f) - Réduction des nuisances.

Réf : Smog and Automobile Exhaust, Air pollution
Control District, Report n° 18

L'importance croissante de ce problème nécessitera la mise en place d'une législation adéquate. La réduction des vibrations sonores s'effectue au moyen de silencieux. La pollution atmosphérique prend une tout autre dimension : les conséquences et les coûts de cette pollution prennent une ampleur considérable, cause directe de maladie : (bronchite). Les systèmes proposés pour réduire cette pollution tendront évidemment à réduire la puissance du groupe propulseur et à alourdir le prix d'achat de la voiture.

Un résultat intéressant peut être retiré des considérations effectuées par la Rand Corporation (Automobile To Day and To morrow G.A. HOFFMAN), est que les effets conjugués des diverses transformations ne conduiraient pas à une augmentation du coût global du véhicule supérieur à 20 %, ce qui permet éventuellement de se donner une fourchette satisfaisante pour l'évaluation du coût d'achat d'un véhicule, soit en 1985 soit en 2000).

3.1.4. - Le véhicule particulier - son contrôle.a) - L'aide au conducteur.

Le but de cette aide est de faciliter la tâche du conducteur et non de s'y substituer ; le contrôle direct de son véhicule lui incombe toujours.

La tendance enregistrée dans la plupart des études et projections est l'amélioration de la diffusion d'informations utiles en

se penchant surtout sur les possibilités d'assimilation du conducteur. Une abondante littérature traite de ces problèmes. Entre d'autres "Study of Electronic Devices as Traffic Aids" Transportation Engineering Center, Ohio State University HRA Vol. 33 n° 4, "Uniform Traffic Control Devices", Bureau of Public Roads, 1961 ...

On peut dégager comme caractère général l'emploi de l'électronique (automatisme et instantanéité). Le conducteur pourra toujours connaître l'environnement de son véhicule,

- l'ambiance Verglas, brouillard, pluie, neige, état de la chaussée.
- le trafic Phénomène d'accordéon, saturation, accident, ralentissement.

Pour citer un exemple, la General Motor a mis au point un "Traffic Control System" : des indicateurs de vitesse informent les conducteurs de la vitesse adéquate pour arriver aux points névralgiques en temps opportun (principalement carrefour, feu vert...)

La constatation de la saturation de l'attention visuelle du conducteur amène à considérer l'emploi de transmission par radio, (Hy Com System), transmission d'information verbale sur une fréquence éloignée des fréquences standard.

Le signal ne pourra être reçu que dans une zone bien déterminée (focalisation, limitation de puissance pour n'atteindre que des véhicules concernés).

b) - L'autoroute électronique.

On veut désigner par là une autoroute où le véhicule sera pris en charge par un système électronique prenant le relai du conducteur, entre autres G.M. "Automatic Car" Metro Stability".

Cependant ce système ne semble pas devoir être développé dans l'horizon 85 et la probabilité de passage à un stade opérationnel s'avère faible pour l'an 2000.

C'est ce qui ressort des études prospectives menées par des méthodes de type Delphi.

c) - La combinaison rail route.

La formule embarquement des automobiles sur des véhicules guidés (rail), connaît un certain développement. Cependant ce système outre son coût, présente comme inconvénient majeur l'inexistence de structures réellement appropriées (inexistence de terminaux) : la clientèle hypothétique est très sensible aux ruptures de charges dont le caractère fastidieux en est par ce fait même accentué. Le développement de cette formule semble donc lié à une politique globale d'incitation à l'usage de ce moyen.

3.1.5. - L'infrastructure autoroutière - son coût.

Il n'est pas question d'analyser systématiquement le coût de construction d'une autoroute, mais simplement de rappeler quelques résultats.

Le coût d'une section d'autoroute de liaison dépend notamment (Bulletin PCM mai 1966) :

- de la topographie rencontrée
- des caractéristiques adoptées (largeur de la Pte-forme)
- de la densité de peuplement (voies à rétablir)
- des échanges à assurer (nombre et importance des échangeurs à prévoir et des bretelles de raccordement à construire).
- de la nature des sols rencontrés
- des conditions climatiques (pluviosité)
- etc...

a) - Coûts constatés en France.

| | | |
|------|------------------------------------|------------------------------------|
| | Plateforme 27 m 2 chaussées 7 m | Plateforme 34 m 2 chaussées 7 m |
| Coût | 3,9 MF | 4,35 MF |

Ventilation (même source)

- Etude et préparation des travaux 7 à 8 %
- Charge foncière 7 %
- Terrassements généraux et drainage 32 %
- Ouvrage d'Art 15 %
- Chaussées 28 %
- Equipements divers, finitions 8 à 9 %

Il faut noter l'emploi de méthodes automatiques :

- Calculs et dessins automatiques des tracés.

- Calcul électronique des ouvrages d'art et également une possibilité d'industrialisation croissante de la construction de la chaussée et de ses équipements qui tendront à diminuer le coût.

b) - L'autoroute et autres routes de transport.

Un ordre de grandeur des coûts des divers modes de transport peut fournir un élément utile dans la comparaison qui peut être effectuée. On se bornera à reproduire les résultats d'une étude relative au "Boston - Washington - Corridor" (Cornell Aeronautical Laboratory, Inc.).

| | Coût de transport par passager/km en Francs. |
|------------|--|
| Automobile | 45 centimes |
| B.U.S. | 19 " |
| R.A.I.L. | 17 " |

3.2. - Les autobus interurbains.

Référence : Etude sur les autobus interurbains S.A.E.I.

3.2.1. - Situation actuelle - caractéristiques générales

a) - Le service assuré.

C'est un service essentiellement de desserte locale à courte distance présentant un aspect de complémentarité de la voie ferrée. Ceci se retrouve dans le profil de la clientèle.

- + Source de revenu modeste "3ème classe de chemin de fer".
- + Trajet type domicile -travail, présence de deux pics de densité dans la journée qui pose une difficulté supplémentaire pour l'exploitant.
- + Sensibilité particulière à la diffusion de véhicules économiques type 4L.

b) - Volume de trafic.

On assiste à une stabilisation du nombre de voyageurs-km/année de l'ordre de 12 milliards, résultat :

- . d'une part d'une baisse lente (3 % par an) des services réguliers
- . d'autre part d'une croissance des services annexes ou occasionnels (type tourisme).

Ces tendances semblent devoir se maintenir et se combiner avec l'hypothèse d'une extension du réseau autocars, par suite de l'éventuel abandon par la SNCF de voies estimées non rentables.

3.2.2. - L'autobus express.

a) - Notion.

L'autobus traditionnel se cantonne dans le rôle de caboteur, pour les services réguliers (arrêts très fréquents) par suite de l'échec de certaines tentatives d'autobus express, cette dernière conception trouve maintenant les sociétés exploitantes pessimistes. Une possibilité de relance de ce type de transport devrait reposer sur plusieurs points, à savoir :

- amélioration du confort général, le service traditionnel étant synonyme d'inconfort, de matériel vétuste, la taille des entreprises ne leur permettant pas d'assurer une charge suffisante des véhicules et par là, un renouvellement rapide de matériel.

- amélioration de la vitesse moyenne. Celle-ci peut être obtenue par la diminution de la fréquence des arrêts. Une condition nécessaire à une amélioration sensible est l'état de l'infrastructure routière. A cet effet, l'importance de l'existence de voies de dégagement de la périphérie urbaine, (et de pénétration) s'avère beaucoup plus importante que l'infrastructure et les éventuels points de congestion se trouvant en rase campagne.

Ces deux améliorations permettraient de drainer sur des moyens parcours, une clientèle qui préférerait alors le système autobus express au système train + autres moyens qui lui impliquait une rupture de charge.

Quels seront alors les prix de revient de l'Autobus Express ?

b) - Prix de revient des autobus express.

Le prix de revient moyen au km d'un autocar de 45 places est dans les conditions actuelles de 1,50 F environ, se répartissant comme suit :

- partie fonctionnement (carburant - lubrifiant - entretien ...) 33 %
- partie conduite (frais personnel roulant ...) 27 %
- partie gestion (administration-installations fixes et terminales). 40 %

L'analyse du prix de revient kilométrique théorique fait ressortir comme paramètres :

- la grandeur de l'entreprise (influant sur la partie gestion)
- le parcours total annuel (influant indirectement sur cette même partie)
- la vitesse moyenne liée à l'infrastructure routière.

En conclusion :

- + avec une entreprise de taille 100 véhicules
- + avec un service quotidien dans chaque sens effectués par le même véhicule 250 jours/an.
- + avec une ligne de l'ordre de 200 kms
- + avec un taux de remplissage 20 voyageurs pour 45 places.

Le prix de vente au voyageur - kilomètre devrait être de 6,5 centimes. Le même prix serait possible avec un véhicule effectuant $2 \frac{1}{2}$ aller et retour par semaine, 50 semaines par an, c'est à dire ne fonctionnant qu'au moment des pointes de fin de semaines et des fêtes mais avec un taux de remplissage de 25/45.

3.2.3. - Sur l'axe Paris - Rouen - Le Havre.

Enquête SETEC - CREDOC Etude Pilote.

L'étude complète peut être consultée avec profit, nous n'en rappellerons ici que certains résultats.

a) - Les résultats confirment bien les hypothèses faites à priori.

- la faveur pour l'autocar croît avec l'âge des individus
- elle décroît lorsque le revenu s'élève (et chez ceux qui ne possèdent

pas d'automobile, ce qui est un phénomène lié au précédent).
 - elle est beaucoup plus rare chez ceux qui voyagent beaucoup.

b) - Enseignements de l'enquête pilote.

La taille de l'échantillon et sa déformation par absence d'agriculteurs et sous-représentation des retraités et sans-profession interdit de formuler des conclusions très nettes. Il est possible en particulier que les défauts de l'échantillon conduisent à une image trop pessimiste de l'attitude des ménages à l'égard de l'autobus.

L'analyse des réponses suggère que les ménages sont assez hostiles aux autocars actuels surtout pour des raisons qui tiennent à leur inconfort, leur irrégularité, etc...

Pour avoir quelque chance de succès d'intéresser une clientèle relativement large, les entrepreneurs d'autobus express devraient avant tout porter leurs efforts sur l'amélioration du confort de leurs véhicules et de leur vitesse moyenne. Ils devraient le plus possible, y compris par la publicité, démarquer le nouveau service de celui qui est rendu par les autocars actuels. Ce point est tout à fait confirmé par l'enquête définitive qui va être examinée maintenant.

c) - Opinion relative à d'éventuels autobus express.

Placés par l'imagination devant d'éventuels autobus express, les ménages étaient invités à dire s'ils les utiliseraient. Leurs attitudes sont étonnamment favorables puisque plus de 50 % répondent

par l'affirmative lorsqu'il s'agit de trajets où il n'y a pas de train, et que ce pourcentage atteint encore 22 à 34 % lorsqu'il s'agit de trajets assurés par la S.N.C.F.

C'est évidemment ce dernier cas qui doit surtout retenir l'attention puisque presque tous les trajets à moyenne distance bénéficient en France de Services ferroviaires. Les pourcentages de réponses favorables aux autobus express (22 à 34 %) sont comparables à ceux que l'on observe aux Etats-Unis dans des enquêtes du même genre. Ceci peut étonner puisque les Français n'ont pas sous les yeux les expériences du type Greyhound, mais n'est pas invraisemblable puisque le niveau de vie des Français est plus faible que celui des Américains et que précisément les autobus présentent davantage d'attrait pour les personnes à revenus modestes.

Le choix entre le train et d'éventuels autobus express semble devoir varier beaucoup avec la longueur du trajet : plus elle est importante, plus le train l'emporte sur l'autocar. Cependant pour des trajets de 300 kms environ 22 % des personnes interrogées déclarent qu'elles préféreraient l'autocar.

Ces opinions sont certainement très dépendantes du fait que les autocars envisagés ont été présentés comme devant être très différents des autocars actuels. Les ménages ont bien perçu cette différence : les usagers des autobus express ne sont pas vus du tout de la même façon que ceux des autobus actuels : l'image du transport pour touristes et gens qui n'aiment pas le train se substitue en grande partie à celle d'un transport pour travailleurs et gens modestes.

d) - Un enseignement positif : La clientèle potentielle.

Plus qu'on ne pourrait le croire d'après les statistiques relatives aux autocars actuels, les Français manifestent de l'intérêt pour d'éventuels autobus express. Ces derniers seraient préférés au train par environ 25 % des personnes lorsqu'il s'agit de trajets compris entre 100 et 300 kms, mais les tarifs relatifs de la 2ème classe en chemin de fer et de l'autobus express influencent certainement les choix : au stade actuel de l'analyse de l'enquête, l'on n'est pas capable de dire dans quelle mesure, quoi qu'il en soit, il semble plus sage de considérer que la clientèle potentielle des autobus express représenterait au maximum sur des liaisons de 100 à 300 km, 25 % de la clientèle actuelle de la 2ème classe du chemin de fer. Le vrai chiffre se situe peut-être très en dessous.

4. - TRANSPORTS AERIENS.

=====

Nous examinerons dans cette partie les possibilités d'utilisation des transports aériens sur des étapes courtes. Nous considérerons successivement les avions à décollage vertical, les avions à décollage court et les avions conventionnels à décollage classique.

4.1. - Généralités et évolution.

4.1.1. - Avions à décollage court ou vertical.

a) Hélicoptère .

C'est un cas particulier d'avion capable d'effectuer un décollage et un atterrissage ponctuels (V.T.O.L. ou A.D.A.V.) que nous traitons séparément. Il est doté d'un ou plusieurs rotors qui assurent sa sustentation et sa propulsion :

Jusqu'à présent, mis à part les applications militaires, l'emploi de l'hélicoptère est resté limité. Cependant, certains exemples notoires d'exploitations commerciales peuvent être cités.

Plusieurs villes des Etats-Unis ont des réseaux suburbains d'hélicoptères ; (1)

- Chicago où les Chicago Hélicoptère Airways exploitent le réseau à l'aide d'hélicoptères Bell et Sikorsky.

.../...

(1) Institut du transport aérien. Le secondage de l'hélicoptère de transport. Réalisation et perspectives par M. BEAUBOIS 1965 -

- Les New York Airways exploitent un réseau reliant l'Héliport de Wall Street aux trois aérodromes (Kennedy, la Guardia, Newark) à l'aide de Sikorsky, de Bell et de Boeing-Vertol. En moyenne, la fréquence des services par journée est de deux vols par heure.

- Les Los Angeles Airways exploitent un réseau plus important (20 héliports desservis) à l'aide de Sikorsky.

En Europe, il existe un réseau interurbain assuré depuis 1953 par la SABENA entre Bruxelles, Cologne, Duisbourg, Francfort, Maestricht, Eindhoven, Rotterdam ; de même en Italie, en U.R.S.S. (à Moscou entre l'héliport central de Frunze et les aéroports de Vnukovo, Domodiedovo et Sheremetievo) ; en Angleterre (réseau exploité par la British European Airways ; en France, il faut rappeler que les liaisons Paris-Bruxelles et Lille-Bruxelles exploitées par la SABENA ont été supprimées.

Le succès reste encore très limité : aux Etats-Unis le rôle de l'hélicoptère évalué en passagers-kilomètre est seulement égal à 0,02 % de celui de l'avion.

De plus les liaisons ainsi assurées le sont à un coût tel qu'elles ne peuvent être financées que par des subventions de l'Etat ou par un effort financier de grandes compagnies d'aviations privées, qui veulent assurer les trajets terminaux des grands parcours qu'elles desservent.

Pour l'avenir, les constructeurs cherchent à accroître les performances de l'hélicoptère dans les domaines de :

- la sécurité : l'utilisation de plusieurs moteurs autonomes et la réserve de puissance installée devrait assurer à l'hélicoptère une sécurité comparable à celle de l'avion et lui permettre le survol des agglomérations.
- régularité : l'utilisation d'un dispositif de stabilisation automatique, d'équipements de navigation perfectionnés ; de dispositifs d'approche et d'atterrissage sans visibilité doit lui permettre une régularité comparable à celle de l'avion sinon à celle des transports terrestres.
- la vitesse : l'évolution est à la combinaison de moyens différenciés de propulsion et de sustentation qui permettront d'accroître les qualités de vitesse de l'appareil.
- charge utile: l'augmentation de la puissance devrait lui permettre d'accroître considérablement la charge utile (type hélicoptère-airbus).
- le coût de réalisation : diminution par des améliorations et par des simplifications mécaniques.
- bruit : l'atténuation de bruit a donné lieu à des études récentes : le niveau du bruit du Sikorsky S - 61 et du Boeing-Vertol 107 serait équivalent à celui engendré par le trafic urbain et ne pourrait être perçu dans un bureau à une distance de 150 m.

On peut penser que l'évolution de cette technique sera marquée dans les vingt années à venir par les deux étapes suivantes :

1ère étape jusqu'en 1975 : Apparition dans le domaine opérationnel d'hélicoptères combinés (appareils utilisant des rotors pour le décollage et

l'atterrissage et les ailes pour la sustentation ; la propulsion serait assuré par turbo-réacteur ou hélice). Le Lockheed HX 51 A. compound, construit selon ce principe atteint la vitesse de 437 km/h.

2ème étape 1975 - 1985 : La première solution "hélicoptère combiné" ne permettra pas des vitesses supérieures à 500 km/h ; on verra alors l'apparition d'hélicoptères à rotors escamotables ou repliables ; il faut citer dans cette optique, l'étude Lockheed portant sur un hélicoptère à pales repliables et rotors rigides, de charge utile 8 tonnes, ainsi que les études de l'ingénieur français Charles Marchetti qui a proposé une solution originale d'avions à réacteur arrière, dont le rotor rigide s'immobilise puis s'abaisse, pour disparaître, ou, se plaquer contre le fuselage et former une voilure en V.

b) V.T.O.L. ou A.D.A.V. (2)

Il s'agit, à l'exclusion des hélicoptères, des appareils capables d'effectuer un décollage et un atterrissage ponctuels. Il existe à l'heure actuelle plusieurs types de V.T.O.L. (projets ou prototypes).

1ère catégorie : V.T.O.L. à ailes basculantes.

Ils sont équipés le plus souvent d'un même moteur pour la sustentation et la propulsion ; ce moteur bascule.

On peut citer dans cette catégorie :

- le LTV - HILLER - RYAN XC 142 A ; cet avion est un appareil équipé de 4 turbopropulseurs; fixés sur une aile basculante ils entraînent des hélices quadripales.

.../...

(2) Bulletin de l'ITA n° 26 - 27 Juin 1966.

Parorama technique et perspectives d'avenir des avions V/STOL.

2ème Catégorie : V.T.O.L. à ailes fixes décollant verticalement grâce à une poussée obtenue, soit par déviation du jet des gaz d'échappement d'un réacteur classique à axe horizontal, soit grâce à des réacteurs spéciaux à axe vertical, soit grâce à des hélices carénées, ou semi-rotors basculants.

On peut citer dans cette catégorie :

Appareils à moteurs basculants.

- Le Bell X 22 A : c'est un avion équipé de 4 hélices carénées tripales entraînées par des turbopropulseurs qui basculent.
- le Bell XV 3 : c'est un appareil équipé de semi-rotors tripales basculants.
- Le Curtiss-Wright X 19 A : c'est un avion équipé de 4 hélices tripales basculantes actionnées par des turbines.

Appareils à déviation de jet.

- Nord 500 et le futur Nord 501 : lockheed X V 4 A
Il s'agit d'un appareil équipé seulement de turbo-réacteur à déflecteur de poussée utilisé à la fois pour la sustentation et la propulsion.

Appareils équipés de réacteurs spéciaux à axe vertical.

- Le DO 31 : c'est un appareil équipé de turbo-réacteurs

de sustentation disposés dans le fuselage ou dans des nacelles et de turbo-réacteurs munis de dispositifs déflecteurs, servant à la fois à la propulsion et à la sustentation.

- Ryan Général Electric XV - 5 A : c'est un appareil équipé de 2 turbo-réacteurs pour la propulsion et de 3 turbo-soufflantes pour la sustentation (2 dans les ailes, 1 dans le fuselage) entraînées par les gaz d'éjection des réacteurs.

Pour les dix prochaines années, le VTOL présente une faible probabilité d'emploi civil. Ceux qui sont à l'étude actuellement sont conçus en vue d'applications militaires même lorsqu'ils comportent un fuselage cargo--comme le DO 31 et le LTV Hiller Ryan XC 142 A.

c) S.T.O.L. ou A.D.A.C.

On désigne par S.T.O.L. ou A.D.A.C. un appareil capable de décoller et d'atterrir sur des courtes distances, les normes pourraient être décollage et franchissement d'un obstacle de 10,50 m, sur une distance maximum inférieure à 400 - 500 m.

Il faut citer parmi les appareils existants à un stade opérationnel :

- pour des charges utiles supérieures à 2 tonnes : le Breguet 941 S. Cet avion sera exploité à partir du 1er janvier 1968 par le New Airways pour le transport de fret et de sacs postaux dans la région New Yorkaise, c'est un appareil à ailes soufflées ; sa voilure qui est munie de dispositifs hyper-sustentateurs de grande surface, est soufflée par les hélices.

- pour des charges utiles inférieures à 2 tonnes :

- . le Dornier (Schyservant)
- . le Dornier DO 28 B-2
- . le Turbay T - 3A
- . le De Havilland DH C - 6 Twin-Otter
- . Helio 500

et parmi ceux à l'étude :

- . le BEDE X BD 2
- . le RFB type RF 1
- . le Wren-Schysark

Le développement des S.T.O.L devrait dans les dix prochaines années précéder, au stade opérationnel, celui des V.T.O.L. ; par contre les calculs économiques semblent prouver que par la suite il devra laisser place aux V.T.O.L.

Le S.T.O.L. devrait atteindre une régularité et une sécurité comparable à celles que l'avion classique pourra satisfaire en 1980. D'autre part, la tendance est à l'accroissement de la vitesse qui pourrait dépasser les 650 km/h (surtout pour les appareils à ailes basculantes) ainsi qu'à l'accroissement de la capacité. C'est ainsi que deux versions agrandies présentées dans le cadre du programme Airbus, sont prévues pour le Breguet 941 ; le Breguet 944 pourra emmener 150 passagers à une vitesse de croisière de 500 km/h sur des étapes allant jusqu'à 2000 km ; le Breguet 946 équipé de 4 turbo-propulseurs Rolls-Royce type de 6000 cv chacun pesant 80 à 90 T au décollage effectuerait son décollage en 290 m et pourrait transporter 250 passagers répartis sur les deux ponts.

4.1.2. - Avions à décollage classique.

Dans l'optique d'un vol à courte distance l'avion classique peut apparaître en progrès sur les plans de la capacité ainsi que de la régularité et de la sécurité. Par contre, les progrès qu'il ne manquera

pas de faire en vitesse paraissent difficilement utilisables et relativement peu profitables sur les courtes distances à cause de l'éloignement important des terrains d'atterrissage, par rapport aux centres des agglomérations.

Il semble que l'évolution des avions à décollage classique les prédestinera de plus en plus aux vols à grande distance.

4.2. - Qualités du service.

4.2.1. - Performances.

Le tableau I compare les performances prévues en 1975 pour les avions V.T.O.L. et S.T.O.L. ainsi que pour les hélicoptères.

Rentrent dans ce tableau :

- deux avions V.T.O.L. - le 1er à ailes basculantes comparable au XC 142
 - le second à ailes fixes à réaction comparable au Dornier DO 31 ;
- deux avions S.T.O.L. - le 1er à ailes soufflées comparable au Breguet 941 S
 - le second à ailes basculantes comparable au XC 142 ;

Pour les hélicoptères deux classes différentes ont été envisagées :

- les hélicoptères dont la charge utile est inférieure à 1 tonne comparables à l'Alouette 3 ;
- les hélicoptères dont la charge est supérieure à 1 tonne, comparables au super Frelon. SA 321. Pour ces deux dernières classes sont indiquées les performances actuelles et les performances 75.

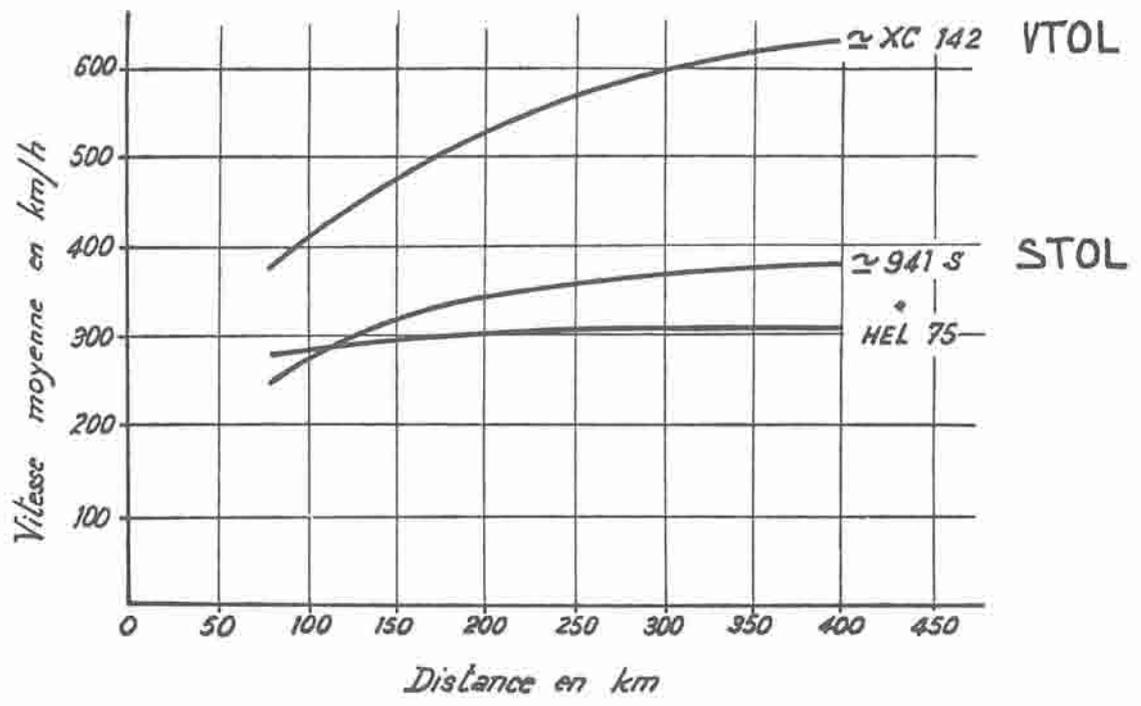
TABLEAU II.

| Performances | V T O L | | S T O L | | Hélicoptère | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|------------------------------------|----------|
| | Ailes basculantes | Ailes fixes | Ailes soufflées | Ailes basculantes | Charge < 1000 kg actuelles 1975. | | Charge > 1000 kg actuelles 1975 | |
| Vitesse de croisière commerciale | 750 km/h | 700 km/h | 480 km/h | 700 km/h | 200 km/h | 500 km/h | 250 km/h | 350 km/h |
| Charge | | | | | | | | |
| Volume | 16 m ³ | 10 m ³ | 14 m ³ | 14 m ³ | | | | |
| Poids | 6 T | 6 T | 6 T | 6 T | 750 kg | | 4,5 T | 8 T |
| Plafond pratique | 7.500 m | 7.500 m | 6.000 m | 7.500 m | 2000 m | 6500 m | 3300 m | 6500 m |
| Rayon d'action | 1.500 km | 1.500 km | 2.000 km | 1.500 km | 500 m | 1000 km | 1100 km | 1500 km |

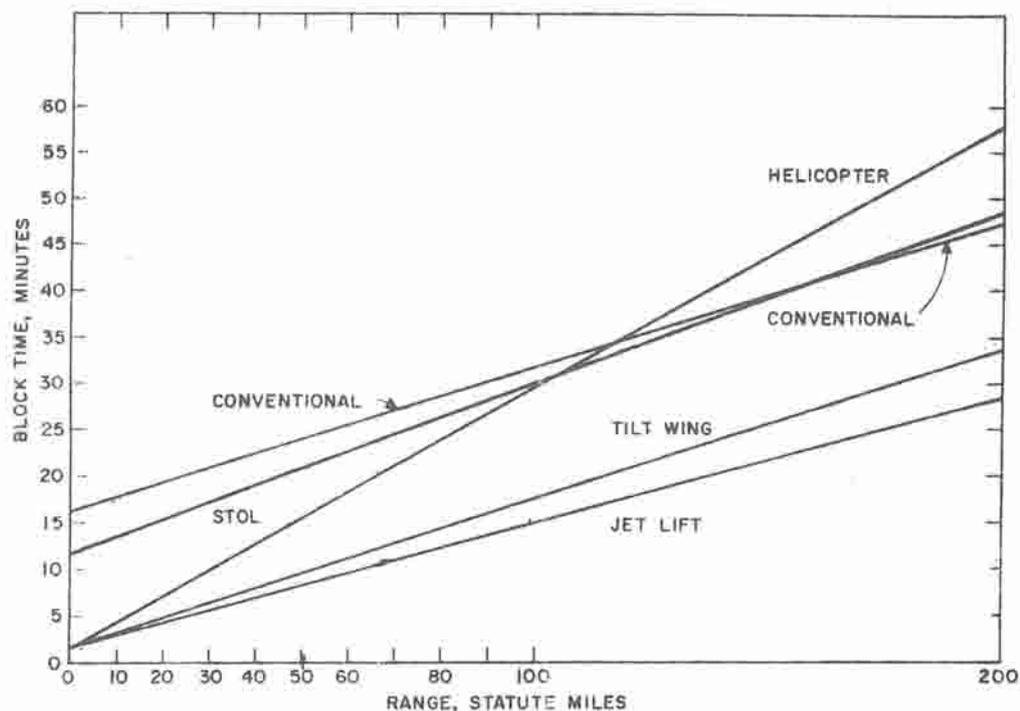
TABLEAU II

VITESSE MOYENNE EN FONCTION DE LA LONGUEUR DE L'ÉTAPE

Perspective 1975



Source : Mc. DONNELL Aircraft Corporation ; Manufacturers' DATA



BLOCK TIME AS A FUNCTION OF STAGE LENGTH
FOR TYPICAL SHORT HAUL AIRCRAFT

Tilt wing : VTOL à ailes basculantes
 Jet lift : VTOL à ailes fixes

Les tableaux II et III donnent les vitesses moyennes et le temps du trajet bloc à bloc en fonction de la distance pour les S.T.O.L., les V.T.O.L., les hélicoptères et les avions conventionnels.

Le tableau II montre que le V.T.O.L. a une vitesse moyenne supérieure à celle de l'hélicoptère et du S.T.O.L. ; par contre ce n'est que pour une distance supérieure à 110 km que la vitesse moyenne du S.T.O.L. devient supérieure à celle de l'hélicoptère.

Le tableau III explique ces phénomènes.

En effet ce tableau considère le temps de parcours de bloc à bloc d'un appareil en fonction de l'étape qu'il a à parcourir. Il distingue les avions conventionnels (c'est à dire à décollage classique), les hélicoptères, les S.T.O.L et enfin parmi les V.T.O.L., les avions à ailes basculantes et les autres à ailes fixes (respectivement Tilt Wing et Jet Lift).

On remarque que les courbes décrivant les avions S.T.O.L. et V.T.O.L. sont à peu près parallèles ; cela veut dire que leurs vitesses de croisière seront du même ordre de grandeur (comme le montre aussi le tableau I.)

On remarque aussi que la pente de la courbe des hélicoptères est plus importante que celle des autres appareils car la vitesse de croisière de ceux-ci est bien inférieure à celle des autres appareils.

Le tableau explique enfin pourquoi la vitesse moyenne des S.T.O.L. est plus faible que celles des V.T.O.L. Comme le montre l'ordonnée à l'origine de la courbe S.T.O.L., ces appareils exigent un temps plus important pour le décollage.

Enfin, il faut noter que l'avion conventionnel dont la vitesse de croisière est la plus forte (pente de la courbe la plus faible) ne devient rentable que pour des distances très nettement supérieures à 320 km (ou 200 miles).

4.2.2. - Sécurité.

Il semble que la fiabilité des appareils V.T.O.L ou S.T.O.L. sera telle que ce facteur ne pourra constituer une cause d'interdiction de survol.

Pour les hélicoptères, la solution est à rechercher dans l'utilisation de plusieurs turbines ; ce sera aussi le cas de certains S.T.O.L. ; enfin, pour les V.T.O.L. il est raisonnable d'admettre qu'une fiabilité comparable sera obtenue lorsque dans une dizaine d'années ces appareils auront atteint le stade opérationnel.

4.2.3. - Bruit.

Pour un horizon de 10 ans il semble que la limite de 90 décibels à 95 décibels que l'on peut raisonnablement édicter sera respectée en 1975 cela à une distance de 250 m du lieu de décollage. Par contre, pour un horizon plus lointain, il est plus délicat de prédire les améliorations qui seront possibles ; ou bien la limite de 90 décibels est une limite technique difficilement dépassable, auquel cas le V.T.O.L. (ou le S.T.O.L.), n'aura qu'un avenir limité puisque les aires d'atterrissage ou de décollage se trouveront à une distance considérable du centre ; ou bien cette limite de 90 décibels sera très nettement franchie auquel cas l'avenir des avions V.T.O.L. ou S.T.O.L. apparaît beaucoup plus prometteur puisque les aires d'atterrissage ou de décollage pourront se situer au coeur des villes par exemple à des distances de l'ordre de 10 à 15 mn.

4.2.4. - Coûts.

Nous nous proposons de mener une étude comparée des coûts des appareils suivants : appareils conventionnels (à décollage classique), hélicoptères, S.T.O.L., V.T.O.L. à la fois à ailes basculantes (Tilt wing) et à ailes fixes (Jet Lift). Les trois tableaux suivants : IV, V et VI étudient successivement les coûts directs d'exploitation aux horizons 70 et 80 ainsi que pour le dernier les coûts totaux en 1970 - 75 en fonction de la distance du trajet.

Sur le tableau IV qui résume une prospective des coûts pour l'année 1970 nous nous intéresserons particulièrement aux distances suivantes : 50 miles c'est à dire la distance Rouen-Le Havre ; 70 miles (la distance Paris-Rouen), enfin 110 miles (distance Paris - Le Havre).

Pour les distances de 50 et 70 miles il semble que les coûts directs d'exploitation des avions conventionnels et des V.T.O.L. soient comparables, tandis que les coûts des hélicoptères et des S.T.O.L. soient supérieurs d'environ 25 % aux précédents. Par contre, pour la distance de 110 miles les avions conventionnels et les Jet Lift ont des coûts d'exploitation nettement inférieurs aux S.T.O.L. et Tilt Wing (20 % en moins) tandis que le coût direct d'exploitation de l'hélicoptère apparaît-prohibitif.

Le tableau V indique les coûts directs d'exploitation pour l'horizon 1980. Il faut noter que les coûts d'exploitation des hélicoptères et des V.T.O.L. à ailes basculantes ont considérablement diminué ; ceux des avions S.T.O.L. et des V.T.O.L. à ailes fixes ont légèrement diminué par rapport à ceux des avions conventionnels.

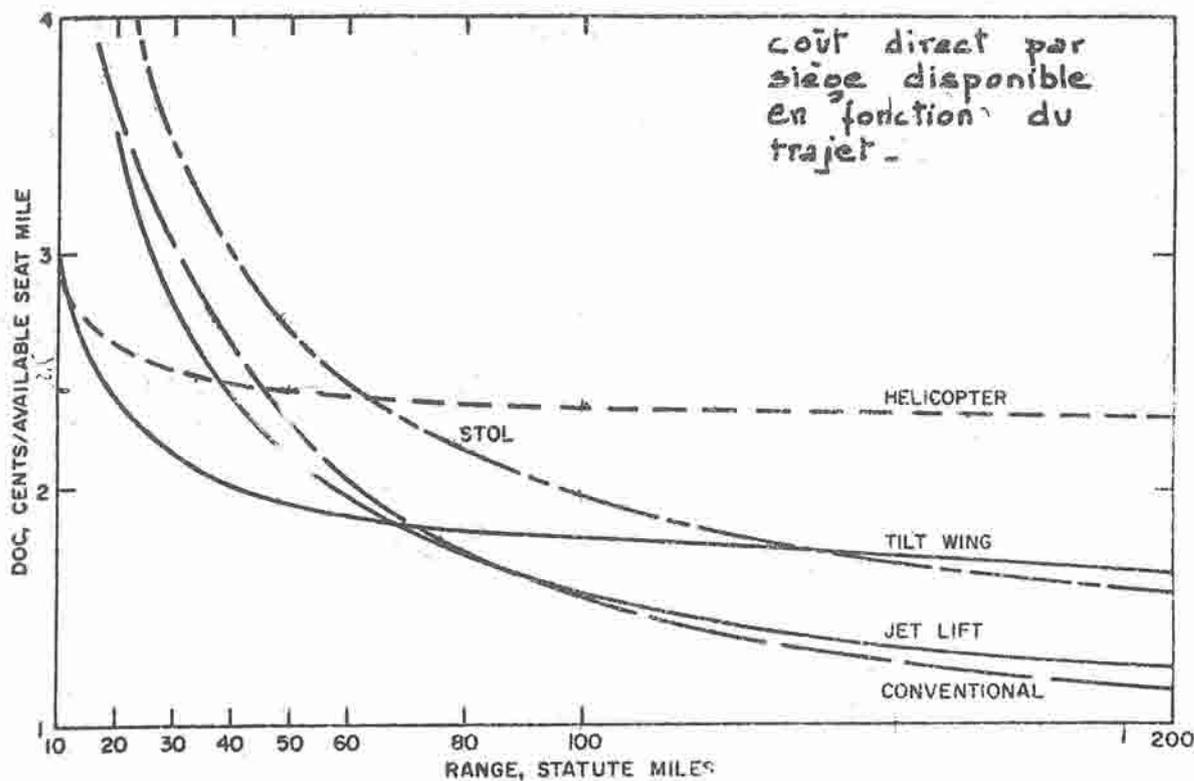
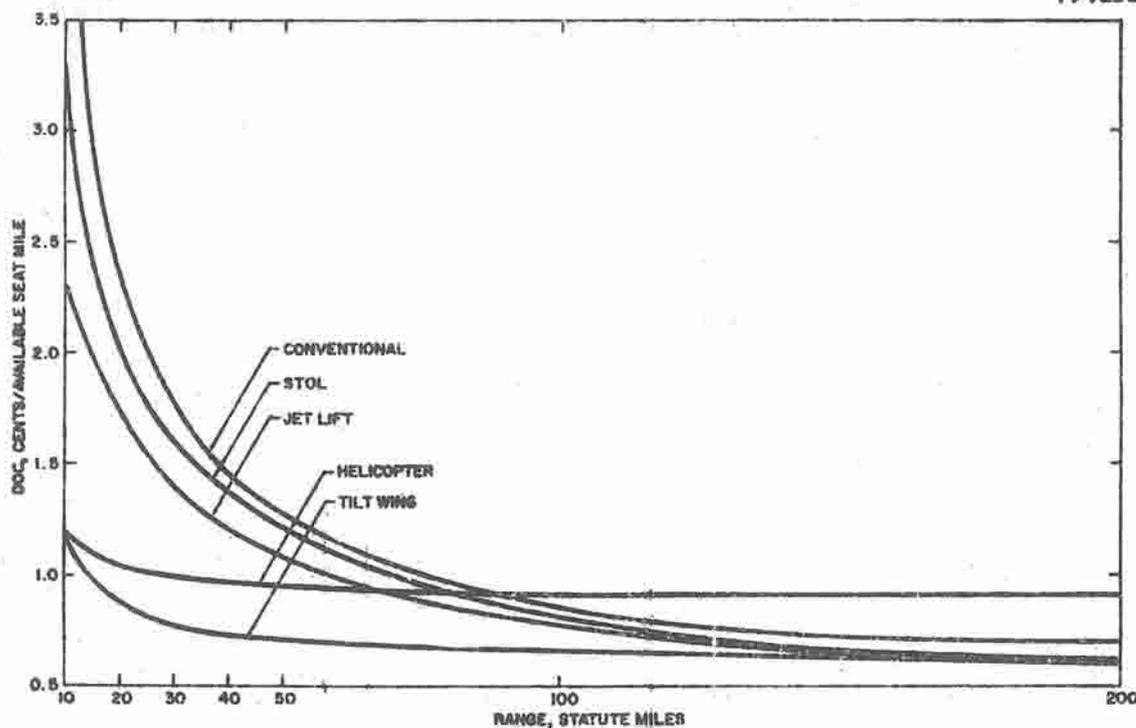


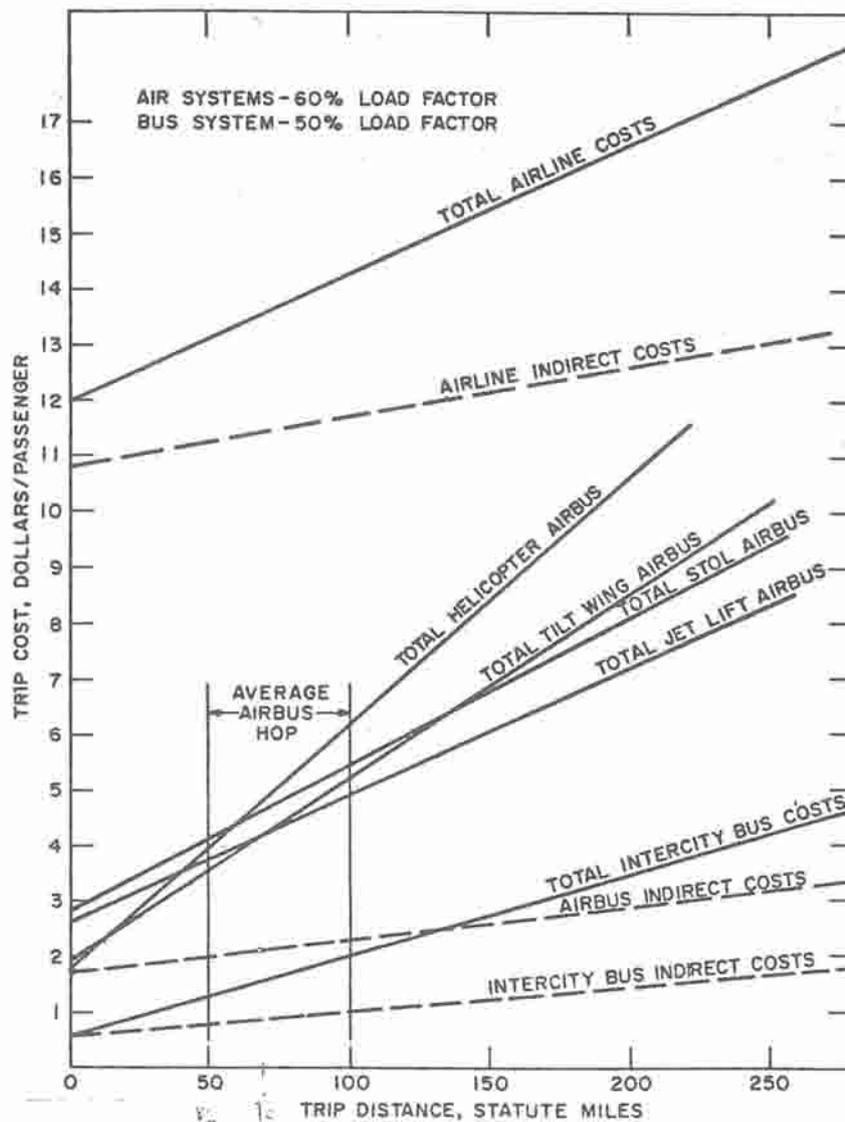
Figure I-3. DIRECT OPERATING COSTS FOR TYPICAL SHORT HAUL AIRCRAFT-1970 TIME PERIOD



DIRECT OPERATING COST FOR TYPICAL SHORT HAUL AIRCRAFT - ADVANCED TECHNOLOGY, 1980 TIME PERIOD

Le tableau VI indique le coût évalué en dollars par passager en fonction de la distance du vol. Sur ce tableau sont comparés le coût des transports aériens ainsi que celui du système bus. Il s'agit d'un coût total qui tient compte d'un coût direct auquel s'ajoute le coût direct d'exploitation. Sur les distances de 60 à 70 miles il apparaît que le système de bus est nettement moins cher tandis que dans l'ensemble des systèmes aériens nous avons par ordre de coûts croissants les V.T.O.L. à ailes fixes, les S.T.O.L. enfin les hélicoptères tandis que l'avion conventionnel apparaît comme d'un coût prohibitif.

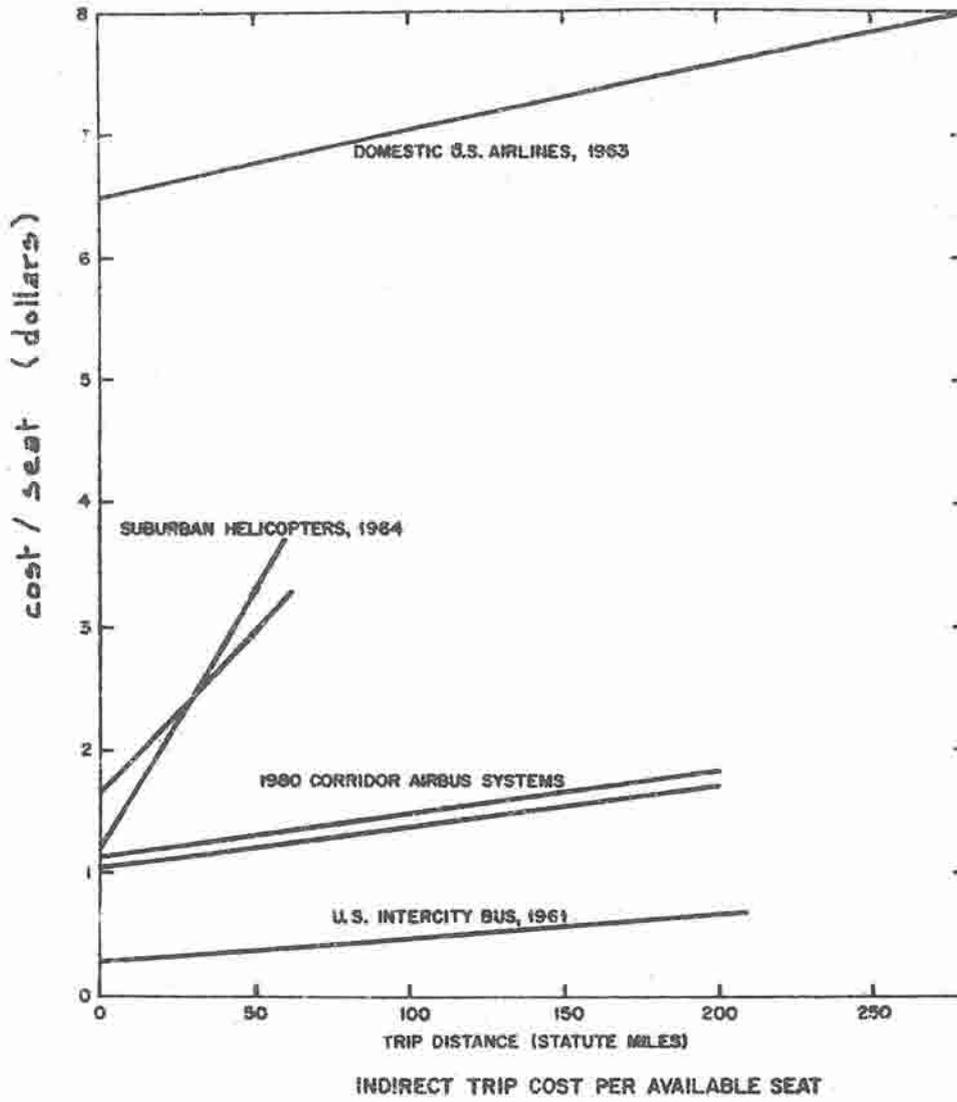
Pour une distance de 110 miles, le V.T.O.L. à ailes fixes s'avère comme la solution la moins coûteuse tandis que l'hélicoptère devient d'un coût exorbitant ; l'avion conventionnel étant toujours d'un coût très nettement supérieur à ces derniers appareils. Il faut noter que la pente de la courbe du V.T.O.L. à ailes fixes est suffisamment faible pour que le coût par km de cet appareil diminue de façon considérable en fonction de la distance ; ainsi, pour une distance de 60 à 70 miles, ce coût peut être estimé à 0,20 F le km ; par contre pour une distance de 110 miles il est égal à 0,15 F du km. Il devient égal à 0,10 F du km pour une distance de 400 km. Cette comparaison outre les coûts des différents moyens de transport aérien fait apparaître clairement que le coût du transport ne devient intéressant qu'au delà de 100 km et n'est vraiment très intéressant qu'au delà de 400 km. Il faut relever que les distances qui intéressent la Basse-Seine se situent au seuil des distances qui deviennent tout juste intéressantes. Pour cette partie là il semble qu'une préférence doit aller aux appareils V.T.O.L. à ailes fixes. En effet, s'ils ne se détachent pas très nettement pour les petites distances de l'ordre de 100 à 110 km, ils apparaissent en revanche moins cher pour la distance Paris-Le Havre.



TYPICAL TRIP COST PER PASSENGER vs. TRIP DISTANCE

coût en dollars par millier de passagers

le coefficient de remplissage des transports aériens est de 60% tandis que celui des bus est de 50%



Le tableau VII indique les coûts indirects par siège offert en fonction du trajet.

4.3. - Conclusions.

4.3.1. - Les avions conventionnels.

Les avions conventionnels semblent peu adaptés à la desserte d'étapes courtes, en revanche leur évolution ferade ces appareils le moyen de transport privilégié pour les longues distances.

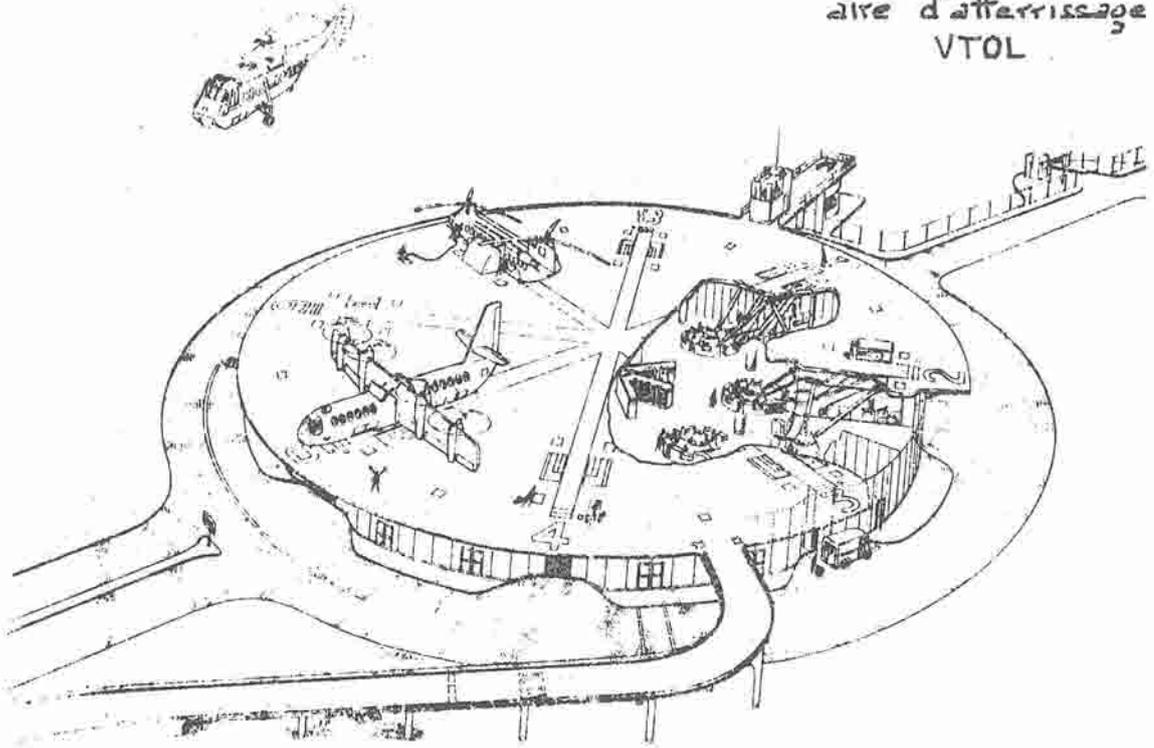
4.3.2. - V.T.O.L. et hélicoptères.

Ces types d'appareils offrent de grandes qualités.

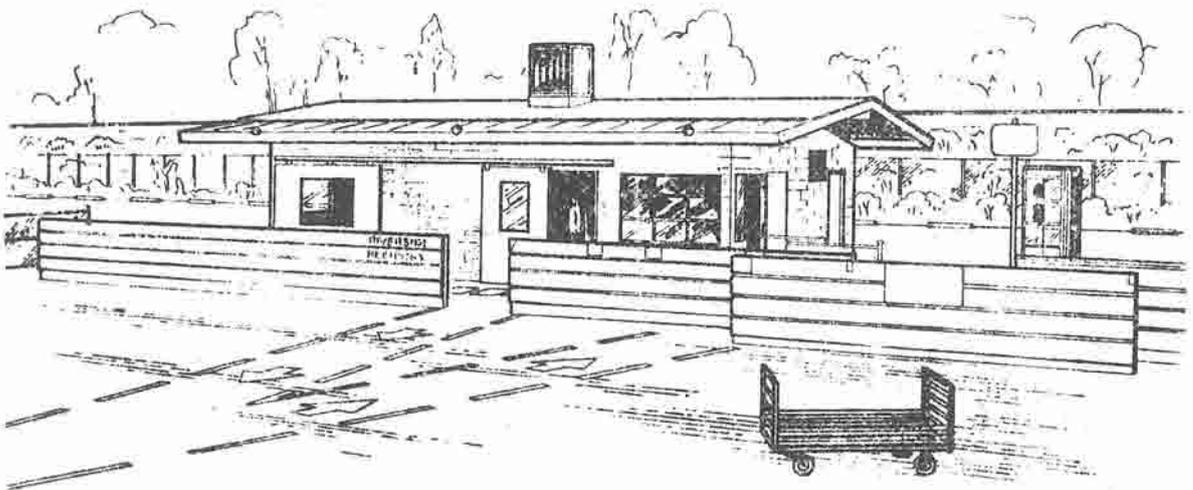
- ils nécessitent une faible infrastructure ; donc ils permettent de gagner un temps important dans le trajet de porte à porte (Door to door) par rapport à celui des avions conventionnels ; cela leur permet d'avoir une grande souplesse d'exploitation.
- ils permettront d'obtenir des vitesses élevées de croisière ; ceci est particulièrement vrai pour les avions à ailes fixes (Jet Lift). Cependant ces avantages risquent d'être en partie annihilés par les nuisances (surtout phoniques) que cet appareil implique.

En effet, le bruit des avions V.T.O.L. peut obliger à reculer considérablement l'aire de décollage ou d'atterrissage du centre des villes. Enfin, le coût de ces appareils reste sur des distances inférieures à 400 km relativement élevé. Cet handicap peut fort bien se révéler prépondérant dans le futur. Il faut ajouter que parmi ces appareils c'est le V.T.O.L. Jet Lift qui à longue échéance paraît le seul susceptible de concurrencer avantageusement les autres moyens de transports.

aire d'atterrissage
VTOL



petite station
VTOL - STOL

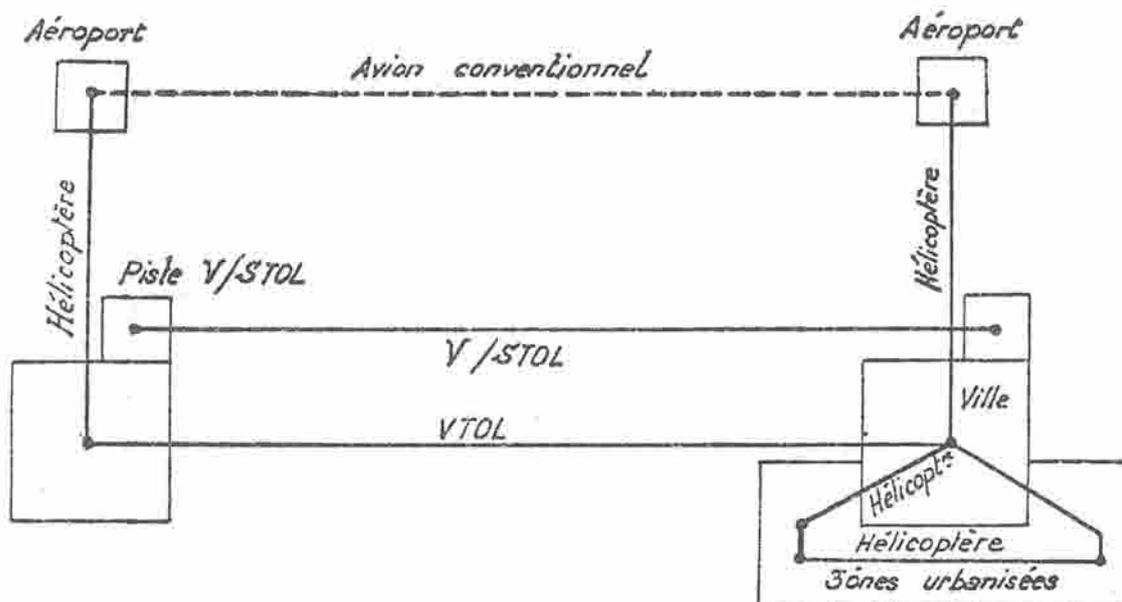


4.3.3. - S.T.O.L.

Les qualités du S.T.O.L. paraissent relativement moins déterminantes que celles des V.T.O.L.. En effet, ils nécessitent une infrastructure plus élevée ce qui éloigne leur point d'atterrissage et leur point de décollage du centre des villes. D'autre part, leur vitesse n'est pas plus élevée que celle des V.T.O.L.. Leur coût et leur bruit par contre sont du même ordre de grandeur sinon plus élevé ; cependant, dans un proche avenir ils paraissent plus susceptibles d'arriver au stade opérationnel. La faible infrastructure qu'ils exigent (8 ha pour une gare petite de S.T.O.L.) permet d'envisager pour un proche avenir une utilisation pour la desserte du centre des villes ainsi que de certaines régions touristiques ou rurales qui seraient difficilement atteintes par d'autres moyens rapides de transport.

A long terme cependant, il semble que le V.T.O.L. ait toutes les qualités désirables pour supplanter les avions S.T.O.L.. Nous avons représenté sur un schéma les applications pour lesquelles les hélicoptères, V.T.O.L., S.T.O.L. et avions conventionnels paraissent les mieux adaptés.

En résumé, l'opportunité d'études d'application des différents moyens de transport analysés dans le présent rapport, par comparaison entre eux et avec d'autres moyens, concerne les liaisons représentées sur le schéma ci-dessous.



5. - TRANSPORTS RAPIDES PAR EAU.

=====

5.1. - Généralités.

Le besoin d'aller de plus en plus vite dans tous les domaines des transports, a montré les limites de certaines techniques employées, et la nécessité de recourir à des techniques nouvelles. Ceci est particulièrement sensible dans le domaine du transport par eau.

En effet, la vitesse maximale des navires est limitée à 35 noeuds ; à partir de ce seuil, tout accroissement de vitesse exigerait une augmentation prohibitive de la puissance du fait de l'importance de la trainée hydrodynamique, due à l'existence d'une coque porteuse immergée.

Pour réduire le volume de la partie immergée, deux techniques sont apparues ; celle des hydroptères ou navires à ailes portantes, et celle des aéroglisseurs maritimes, application de la technique des coussins d'air.

Il est difficile à l'heure actuelle de dire laquelle de ces deux techniques connaîtra le développement le plus important. Il semble que leur développement simultané ne soit pas impossible, car les appareils possèdent des caractéristiques assez différentes. Cette note examine l'intérêt de ces modes pour les transports de voyageurs à l'intérieur de la Basse-Seine.

5.2. - Les navires à ailes portantes :

La technique des hydroptères se fonde sur l'effet de portance d'ailes se déplaçant dans l'eau. Les hydroptères ou "hydrofoils" sont des bateaux, avec une coque de forme classique, mais munie en sa partie inférieure d'ailes portantes qui assurent seules la sustentation, à partir d'une

certaine vitesse. Au dessous de cette vitesse, l'hydroptère est un navire.

La caractéristique essentielle des hydroptères, est qu'ils peuvent fonctionner soit en vitesse réduite comme un navire classique, soit en vitesse élevée (vitesse hydroptère).

On peut distinguer dans l'évolution de cette technique, deux générations d'hydroptères qui correspondent à des tailles et des vitesses différentes pour une position différente des ailes par rapport à la surface de l'eau.

5.2.1. - Les hydroptères de 1ère génération :

Ils ont fait leur apparition depuis 20 ans environ, en Allemagne, en Suisse, en Hollande, en URSS etc... et les problèmes qu'ils posent semblent être résolus.

Leur caractéristique commune est d'employer des ailes partiellement émergentes, subcavitantes, non rétractables, et de transmettre la puissance du moteur à l'hélice par un arbre incliné hors coque. Ce sont des appareils autostables, de taille relativement modeste (moins de 40 tonnes) et ne permettant pas le franchissement de vagues dépassant 2 mètres à la vitesse hydroptère. Il faut encore signaler que leur vitesse maximum ne dépasse pas 40 noeuds.

On peut citer comme constructeurs :

- les chantiers Rodriquez (Italie)
- la Société Supramar (Suisse)
- les chantiers Westermoens (Norvège).

Les caractéristiques des divers appareils fabriqués par tous ces constructeurs diffèrent peu.

Au point de vue exploitation, nous signalerons la récente mise en service d'un appareil Supramar de 100 passagers environ par la "Comodore Shipping" entre St Malo et les Iles Anglo-Normandes (le prix du km payé par chaque passager est de 0,50 F). D'autres appareils sont utilisés sur la Méditerranée (traversée du Détroit de Messine, liaisons Naples-Capri , Haïfa-Chypre...), sur des lacs **scandinaves**.

Une étude de la SODIC, concernant le développement éventuel en France des navires à ailes portantes, note "l'échec économique" de la Société Navite, Société Spécialement créée pour l'exploitation de deux hydroptères sur la ligne Cannes - San-Remo. Cet échec est dû au prix élevé demandé aux passagers (0,65 F le km) et à la fragilité des appareils.

Au point de vue coût, les exploitations qui ont été faites, montrent que le prix qui sera demandé aux passagers tournera autour de 0,50 F le km. L'étude déjà citée de la SODIC conclut :

- qu'au point de vue transport fluvial, les hydroptères ne présentent pratiquement aucun intérêt.
- que dans la zone des estuaires, leur exploitation sera difficilement rentable.

5.2.2. - Les hydroptères de 2ème génération.

Les hydroptères de 2ème génération présentent par rapport aux hydroptères de 1ère génération des différences intéressantes. Leur caractéristique essentielle consiste en ce que les ailes porteuses restent entièrement immergées lors du "vol". Ceci leur procure une insensibilité à l'état de la mer, tant que les creux ne dépassent pas la hauteur avec laquelle l'appareil est maintenu hors de l'eau. A partir de cette hauteur, l'appareil navigue sur coque.

Plus gros et plus rapides que les hydroptères de 1ère génération, ils voient leur taille limitée à 600 tonnes environ, par suite de contraintes techniques tenant à la portance, et leur vitesse limitée à 60 noeuds (phénomène de cavitation).

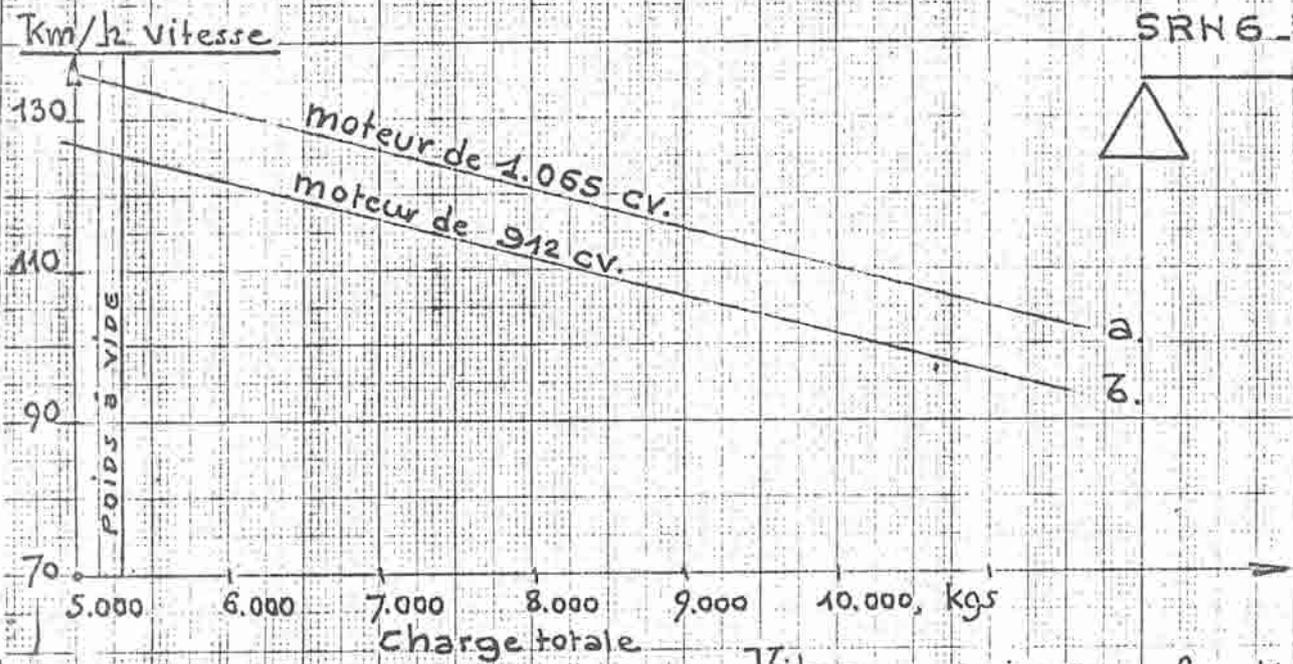
Les ailes complètement immergées entraînent une stabilité négative de l'appareil ce qui nécessite une chaîne de stabilisation automatique (pilotage automatique) de conception voisine de celle de l'hélicoptère.

L'URSS et les Etats Unis sont intéressés par de tels appareils : Boeing construit un appareil de 170 tonnes (le Boeing 925) et la Société Gruman a achevé la construction du Dolphin (30 tonnes environ) pour la Maritima Antares (aux Canaries) et a en projet un hydroptère de 320 tonnes. En France, Sud Aviation Sogreah et les Constructions Mécaniques de Normandie (Amiot) se sont associés pour présenter le projet d'un appareil probatoire de 50 tonnes.

La nécessité d'un pilotage automatique grève lourdement le prix, de ces appareils, et l'on peut penser qu'une utilisation pour le transport de passagers dans les zones des estuaires est peu probable. Il semble que ces appareils seront destinés à une utilisation dans les domaines où les rapports de prix jouent peu. Nous pensons notamment au domaine militaire.

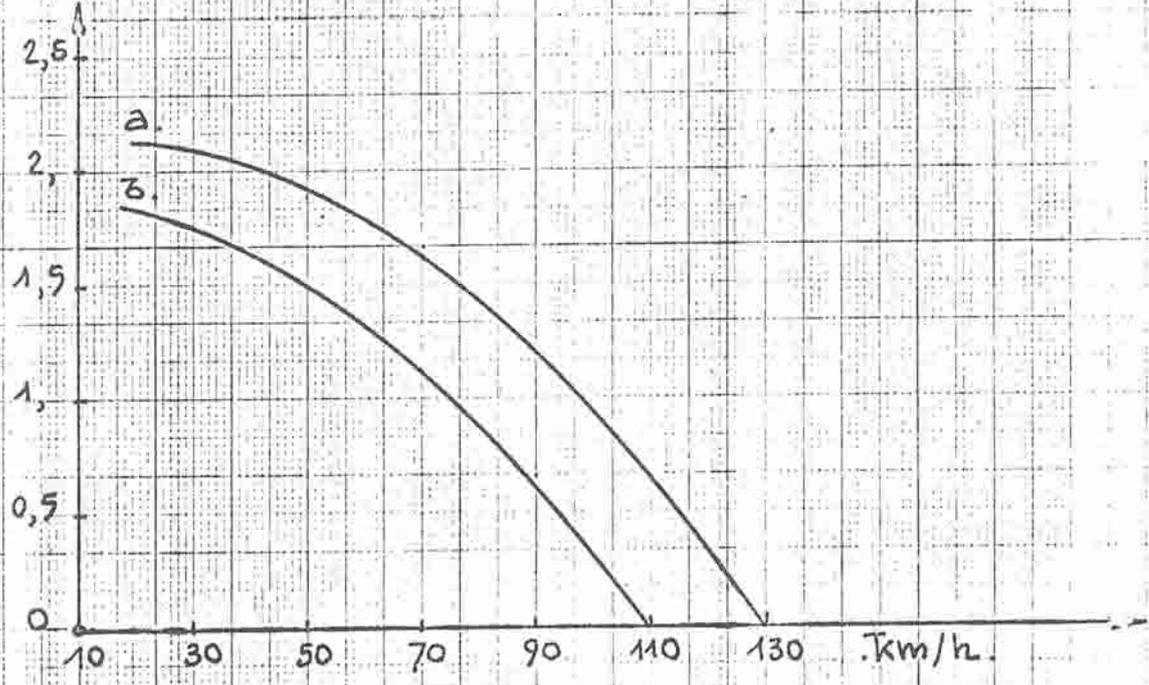
5.3. - Les navires sur coussins d'air.

Le principe de tels navires est le suivant : on crée sous la coque une surpression suffisante de façon à la sustenter hors de l'eau : le navire repose ainsi sur un matelas ou coussin d'air, et sa résistance à l'avancement en est considérablement diminuée. L'eau se comporte comme un sol quelconque, d'où le nom employé pour désigner de tels navires, d'engins à effet de sol.



Vitesse maximum en fonction de la charge.

Hauteur des Vagues — Longueur de houle = 4,5 m. à 15, m.



Vitesse en fonction de la hauteur des vagues.

Variations de la Vitesse maximum en fonction de la Charge par mer calme et en fonction de la hauteur des vagues.

SRNG sur Bamsgate - Calais
NB. 11700, Passagers de mai à septembre 1966

Cependant, si le principe est le même, la façon de réaliser le coussin d'air diffère : on distingue ainsi les coussins d'air à cloche (système Bertin-Naviplanes) et les coussins d'air à jet périphérique (système des Hovercrafts).

Dans le cas des coussins d'air créés par surpression, les engins réalisés avec cette technique, possèdent un certain caractère amphibie. C'est ainsi que l'exploitation de petits aéroglisseurs marins, ne nécessite qu'une infrastructure portuaire très sommaire. Un détail qui a son importance : les constructeurs d'aéroglisseurs marins ont adopté les jupes souples inventées par M. Bertin, ce qui permet aux appareils de franchir les vagues de 2 mètres de haut. Les jupes souples assurent d'autre part une meilleure stabilité.

La caractéristique principale des aéroglisseurs maritimes, est que la vitesse décroît rapidement lorsque la hauteur des vagues augmente. A partir d'une certaine hauteur, qui varie suivant la grosseur de l'appareil, l'aéroglisseur flotte comme un radeau, n'avancant qu'avec une vitesse très faible.

La construction d'aéroglisseurs maritimes a été entreprise par plusieurs Sociétés et dans divers pays (URSS, Canada, USA...). Notons trois Sociétés Britanniques : la Société Westland, la Société Vickers-Armstrong et la Société Hovermarine. Deux appareils SRN6 de Westland, engins de 9 tonnes, ont transporté 11.700 passagers entre Ramsgate et Calais de Mai 1966 à Septembre 1966. La vitesse de ces appareils était de 56 noeuds (maximum). Les graphiques suivants donnent les variations de la vitesse maximum en fonction de la charge, par mer calme, et en fonction de la hauteur des vagues.

Un projet d'Hovercraft de 150 tonnes environ, pour les relations Marseille-Ajaccio (342 km) et Nice-Ajaccio (250 km) retenait comme prix de la traversée, respectivement 80 F et 50 F (prix 1964).

Soit :

.../...

- 23,4 centimes par km pour Marseille-Ajaccio
- 20 centimes par km pour Nice-Ajaccio.

L'appareil en projet pouvait soutenir une vitesse de 50 noeuds sur des vagues de 1 mètre et par vent debout de 20 noeuds.

En France, la Société SEDAM (Société d'Etude et de Développement des Aéroglisteurs Maritimes), emploie la technique des coussins d'air Bertin, à la construction de ses appareils. Divers projets d'appareils de 2,5, 15 et 200 tonnes attendent les résultats de l'expérience du N 300, appareil de 27 tonnes dont la construction vient d'être achevée. Cet appareil, exceptionnellement pour un appareil probatoire, sera mis en service en été 1968 sur la Côte d'Azur, il a les caractéristiques suivantes :

- Masse totale : 27 tonnes
 - Masse à vide : 14 tonnes
 - Charge utile : 13 tonnes
 - Nombre de passagers : 80 environ
 - Ou en version bac : 8 à 10 voitures de tourisme.
- Longueur : 23,3 mètres
 - Largeur : 11 mètres
 - Hauteur : 7,75 mètres
 - Hauteur des jupes : 2 mètres.
- Performances par mer calme :
 - Vitesse maximale : 100 km/h
 - Vitesse de croisière : 80 km/h
 - Autonomie pleine charge : 2 H 30
 - Rayon d'action moyen : 200 km
 - Pente franchissable : 6 %

L'exploitation d'une flottille de 2 à 3 appareils de ce type sur la Côte d'Azur coûtera environ 0,36 F le siège/km.

La comparaison avec le projet d'Hovercraft pour la Corse semble à première vue défavorable, à la SEDAM, mais il faut tenir compte du fait que le prix annoncé pour le projet, prévoyait pour les premières années un déficit d'exploitation. Par ailleurs, la construction en série pourrait permettre un abaissement du prix de revient des Naviplanes.

Pour l'instant, deux projets de Naviplanes sont à l'étude : le N 102, et le N 500.

NAVIPLANE N 102

- Masse totale : 2.500 kg

Masse à vide: 1.300 kg

Charge utile: 1.200 kg

- Dimensions :

Longueur : 7 mètres

Largeur : 6,15 mètres

Largeur pour transport : 2,50 mètres

Hauteur : 2,40 mètres

Hauteur pour transport : 1,75 mètres

- Performances :

Vitesse de croisière en eau calme : 100 km/h

Autonomie en vitesse de croisière économique : 2 H 40

Pente franchissable : 15 %

- Groupe moteur :

Type Turboméca "Artouste II C"

Puissance maximale : 480 CV

Puissance utilisée : 360 CV

Cet appareil peut être utilisé à différents travaux, notamment ceux pour lesquels la propriété d'engin amphibie est indispensable.

NAVIPLANE N 500

Les projets de Naviplane type N 500, prévoient un aéroglisseur de 200 tonnes environ, pouvant remplacer dans une certaine mesure, le car-ferry. La vitesse de tels appareils serait de 150 km/h (maximum) et l'aménagement choisi pourrait permettre le transport d'une cinquantaine de voitures, et de 200 passagers environ. Le coût d'un tel appareil n'a pas encore été précisé.

Après ce rapide tour d'horizon sur les réalisations et les projets de la Société SEDAM, la question peut se poser de savoir si l'exploitation de tels appareils pourra être rentable. Une étude effectuée par l'ITA, présente la zone des estuaires comme un débouché possible pour des engins de faible tonnage.

5.4. - Intérêt des Aéroglisseurs marins pour la Basse-Seine (Etude ITA) :

L'Aéroglisseur marin peut opérer de différentes manières :

- Comme bac, en amont du Pont de Tancarville : les distances très courtes à parcourir (100 mètres environ), font qu'il n'est pas vraisemblable qu'une exploitation soit rentable.

- Pour le trafic le long du fleuve à partir de Rouen : en raison des méandres de la Seine, l'utilisation d'aéroglesseurs ne serait pas concurrentielle avec la route et le chemin de fer.

- Par contre, dans l'estuaire même de la Seine, l'économie en temps gagné, serait un facteur favorable à une exploitation d'Aéroglesseurs : entre Le Havre et Caen et entre Honfleur et Caen par exemple. Il faut cependant signaler l'échec de l'expérience de desserte par hélicoptère tentée en 1958 entre Caen et Le Havre. Un Vertol 44 vitesse de croisière de 100 km/h de 15 à 17 passagers était utilisé pour desservir Caen - Ouistreham - Cabourg - Deauville - Honfleur - Le Havre avec un coefficient d'occupation de 50 % en moyenne.

Malgré ce coefficient d'occupation, et les tarifs élevés qui ont été demandés : (Caen - Deauville A.R. : 6.000 AF soit 75 AF par km et par passager, Deauville - Le Havre A.R. : 5.000 AF soit 125 AF par km et par passager), l'équilibre financier de l'opération n'a pas été réalisé.

Cependant le problème peut se poser en termes différents pour les aéroglesseurs maritimes, du fait que ces appareils peuvent être utilisés pour le transport de voitures. Seule l'estimation du trafic automobile entre Le Havre et la Région de Caen, pourrait permettre une réponse précise.

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT

Service
des Affaires Economiques et
Internationales

ETUDE PROSPECTIVE DE LA BASSE VALLEE DE LA SEINE

FASCICULE N° 5.

SCHEMAS DE TRANSPORT

Elaboration du modèle.

AVRIL 1968

2184(5)
P. n. 600

ELABORATION DU MODELE.

| | <u>Pages</u> |
|--|--------------|
| 1. - PRINCIPE DU MODELE DE TRANSPORT. | 144 |
| 1.1. - Les simplifications nécessaires. | 144 |
| 1.2. - Le choix d'un modèle | 145 |
| 1.2.1. - L'offre | 146 |
| 1.2.2. - La demande | 147 |
| 1.2.3. - Synthèse | 148 |
| 1.3. - Le modèle retenu | 148 |
| 2. - LE RESEAU ENVELOPPE. | 151 |
| 2.1. - Les réseaux et les modes de transport classiques améliorés | 151 |
| 2.1.1. - Le réseau de voies ferrées | 151 |
| 2.1.2. - Le réseau de voies routières | 152 |
| 2.2. - Les réseaux des modes de transport nouveaux | 152 |
| 2.2.1. - Le réseau d'"Aérotrain" | 153 |
| 2.2.2. - Les autres réseaux | 153 |
| 3. - LES TEMPS ET LES COUTS PORTE A PORTE | 155 |
| 3.1. - La notion de mode abstrait | 155 |
| 3.2. - Les temps porte à porte | 158 |
| 3.2.1. - Un temps de desserte origine et un temps de desserte destination | 158 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.2.2. | - Un temps d'attente | 160 |
| 3.2.3. | - Un temps de parcours | 161 |
| 3.3. | - Les coûts porte à porte | 162 |
| 3.3.1. | - Un coût de desserte origine et un coût de desserte destination | 162 |
| 3.3.2. | - Le coût de parcours | 163 |
| 4. | - ANALYSE DE LA SUBSTITUTION | 164 |
| 4.1. | - Principe | 164 |
| 4.2. | - Choix de la courbe de répartition des valeurs du temps des voyageurs en 1985 | 168 |
| 4.2.1. | - Voyages professionnels | 168 |
| 4.2.2. | - Voyages personnels | 171 |
| 4.3. | - Application | 172 |
| 4.3.1. | - Calcul de h | 172 |
| 4.3.2. | - Choix de h | 172 |
| 4.3.3. | - Répartition du trafic | 172 |
| 5. | - LES SCHEMAS DE TRANSPORT. | 174 |
| 5.1. | - Première hypothèse : le Schéma 1 (Carte 17) | 174 |
| 5.2. | - Deuxième hypothèse : les schémas 2 | 174 |
| 5.2.1. | - Le Schéma 2A (Carte 19) | 175 |
| 5.2.2. | - Le Schéma 2B (Carte 18) | 175 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.3. | - Réflexions générales sur les modes de transport | 175 |
| 5.3.1. | - Utilisation du mode en fonction de la distance | 175 |
| 5.3.2. | - Utilisation des modes en fonction de la valeur du temps | 177 |
| 5.4. | - Calcul du coût valorisé de chacun des schémas | 179 |
| 5.4.1. | - Principe | 179 |
| 5.4.2. | - Application | 180 |
| 5.4.3. | - Conclusion | 182 |

1. - PRINCIPE DU MODELE DE TRANSPORT.

Cette étape de l'étude a pour objet la détermination de schémas de transports "optimaux" correspondant aux flux globaux de trafics générés par les implantations des hommes et des activités dans le schéma d'aménagement. Il s'agit donc, par une synthèse économique, de confronter offre et demande et d'en déduire une situation équilibrée et dans une certaine mesure optimale.

La mise au point d'un tel modèle se pose dans toute étude de transport : c'est ainsi que les solutions présentées ici ont été élaborées en étroit rapport avec les travaux du Comité Directeur des études 1985 transports (Référence : Note de Février 1968 sur l'organisation générale de la synthèse).

1.1. - Les simplifications nécessaires.

Des simplifications sont nécessaires, même dans le cas favorable ici présenté où l'on fait les hypothèses suivantes :

- Les implantations des habitations et des emplois sont données et les transports n'influencent pas sur elles.
- Les seuls transports étudiés sont les transports de voyageurs de zone à zone (compris entre 20 et 200 km environ) et ils sont largement indépendants des autres fonctions du transport.

Ces simplifications supplémentaires sont de deux ordres : elles portent d'une part sur la prise en compte du temps et d'autre part sur la définition des réseaux de transport.

En toute rigueur la détermination du réseau optimal suppose la résolution d'un modèle intertemporel - i.e. à plusieurs périodes -. Ceci est délicat du fait de la taille d'un tel programme et ne correspond pas aux buts recherchés dans la détermination du schéma de transport associé à un schéma d'aménagement. C'est pour ces raisons, que la synthèse économique porte uniquement sur une année moyenne fictive 1985. Toutefois pour tenir compte de l'évolution avant et après l'horizon, c'est un coût intertemporel qui est introduit grâce à un amortissement économique.

La détermination du réseau optimal entraîne également de nombreuses difficultés. Cette étude détermine un sous-optimum en ce domaine; elle permet d'obtenir le réseau optimal pour un réseau enveloppe donné possédant certaines propriétés. Toutefois des variantes peuvent être testées dans le cadre d'un tel modèle.

1.2. - Le choix d'un modèle.

Dans le cadre des hypothèses déjà faites à cette étape de l'étude, en particulier sur la demande (demande globale donnée et fixée), le problème à résoudre peut se formuler ainsi.

Pour une année type 1985, quelle est l'affectation intermodale selon la règle du coût minimum pour la collectivité ? Plus précisément soit les notations suivantes :

Indices

| | |
|--------|---|
| i, j | Origine ou destination (dans le zonage considéré) |
| h | Noeud sur un réseau |
| l | Tronçon sur un réseau |
| k | Catégorie de demande (selon le motif par exemple) |
| m | Mode de transport (fer par exemple) |
| t | Technique de transport (turbotrain, train par exemple). |

NB. Cette distinction entre techniques d'un même mode est destinée à prendre en compte les économies et déséconomies externes. En une première étape, ce facteur a été supposé connu d'avance et cette distinction n'a pas été utilisée.

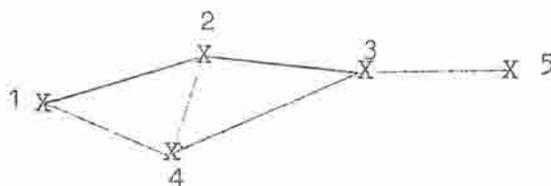
1.2.1. - L'offre.

L'offre est par définition une relation existant entre les prix et les quantités que les entreprises (ou l'Etat) consentent à produire ou à vendre.

Dans notre cas une telle offre comprend :

- \bar{R}^m Réseau enveloppe du mode m

NB. Un symbole surligné est une donnée.



.../...

Un réseau enveloppe comprend : des noeuds (h)
 des tronçons (l)
 des "arrêts" (s)

- Q_1^t Trafic en p/j sur le tronçon l de la technique t
- \bar{T}_1^t Temps de parcours du tronçon l en technique t
 Ce temps (ou la vitesse correspondante) sont des données pour le modèle de synthèse : ils correspondent à des sous-optimisations préalables.
- $C_1^t (Q_1^t)$ Coût total intertemporel de la technique t sur le tronçon l. Ce coût comprend les coûts d'exploitation.
 L'investissement économique qui dépend lui-même du taux d'actualisation qui a été par égal à 7 %
 Les coûts dus aux déséconomies externes entre techniques d'un même mode (par exemple le coût social d'un service de bus express.)
 On a supposé en première approximation que ce coût ne dépendait que très faiblement du nombre d'"arrêts" dans les limites de l'étude.

1.2.2. - La demande.

La demande établit une relation entre les prix et les quantités que les consommateurs désirent acheter.

Par suite dans notre cas une telle demande comprend :

- $\bar{Q}_{ij}^{\bar{h}}$ Demande globale de transport pour le motif \bar{h} entre les OD i et j
- $f^{\bar{h}}(f)$ Pourcentage de voyageurs de catégorie \bar{h} ayant une valeur du temps inférieure à f .

1.2.3. - Synthèse.

Elle peut être formulée comme suit :

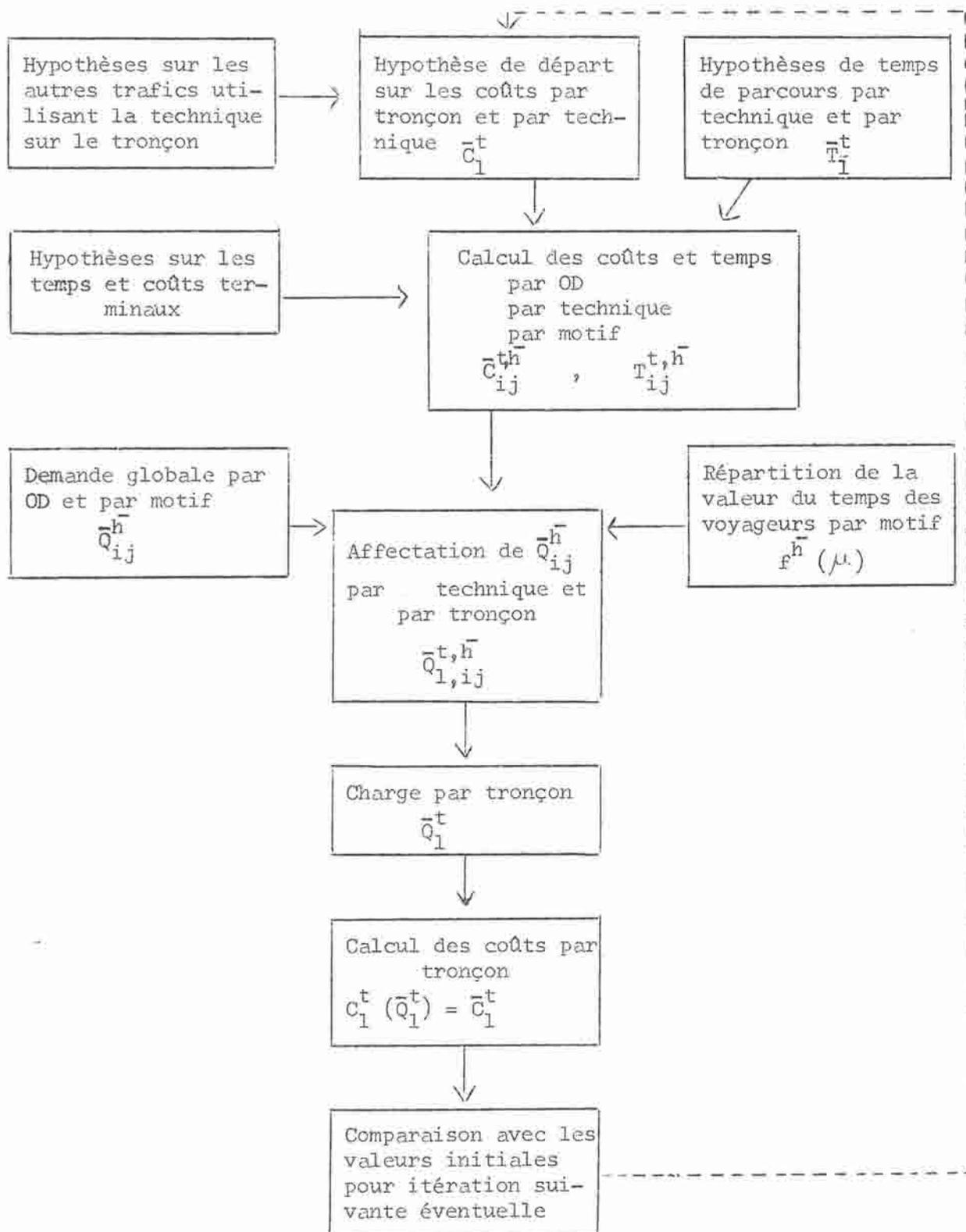
- $Q_{ij,l}^{\bar{h},t}$ Demande sur l'OD ij pour le motif \bar{h} transitant sur le tronçon l du mode t .

1.3. - Le modèle retenu.

Le problème consiste à passer des $Q_{ij}^{\bar{h}}$ aux Q_l^t selon le minimum de coût pour la collectivité (coûts + temps perdu valorisé selon les usagers).

Le modèle est présenté dans le tableau page suivante.

LE MODELE.



Ce modèle exige des itérations : en fait, le nombre de ces itérations dépend de la solution de départ (coûts par tronçon initiaux). Des études partielles permettent d'obtenir une bonne idée de la solution de départ et pratiquement deux ou trois itérations ont toujours suffi pour atteindre avec une précision raisonnable la solution du processus.

Ce modèle conduit à un équilibre "optimal" mais ne constitue pas à proprement parler un modèle avec politique tarifaire.



2. - LE RESEAU ENVELOPPE.

Compte tenu du réseau actuel, des projets d'amélioration, des intentions du schéma d'aménagement, et des études paramétriques, il est possible de donner le réseau "enveloppe" pour chaque mode.

Par réseau enveloppe, on entend l'ensemble des liaisons possibles qui sont offertes par un réseau. Cela ne signifie pas que toutes ces liaisons seront retenues, mais que les liaisons retenues feront partie de cet ensemble. Les liaisons qui seront retenues dépendront d'abord de l'analyse de la substitution qui sera faite après l'étude des temps et des coûts, ensuite des charges par tronçon.

On peut distinguer deux grandes catégories de réseaux : ceux des modes de transports classiques améliorés qui ne nécessitent pas la création d'une infrastructure nouvelle, même s'il faut créer une nouvelle liaison (cas d'une autoroute par exemple) ; et ceux des modes de transport nouveaux qui nécessitent la création d'une infrastructure nouvelle, tel l'"Aérotrain".

2.1. - Les réseaux et les modes de transport classiques améliorés.

Il s'agit du réseau de voies ferrées et de voies routières.

2.1.1. - Le réseau de voies ferrées.

L'étude paramétrique a montré qu'en 1985 le train électrique classique et le turbotrain pouvaient être utilisés dans la Basse-Seine. Compte tenu de l'état actuel du réseau, quant à son tracé et sa modernisation, il n'a pas semblé nécessaire de créer de voies nouvelles : seules des modifications destinées à permettre le passage des turbotrans sont envisagées.

On a donc deux lignes principales : une ligne Paris - Caen desservie uniquement par turbotrain, et une ligne Paris - Le Havre desservie par train électrique et turbotrain ; sur le raccordement Rouen - Bernay circulent uniquement des turbotrains (carte 12).

2.1.2. - Le réseau de voies routières.

On a considéré le réseau de voies routières comme une donnée : en effet, les trafics que l'on a ne concernent que les déplacements par route de zone à zone. Or ceci ne représente qu'une partie de la masse du trafic routier : les déplacements à l'intérieur des zones ne sont pas pris en compte. Or ces déplacements, notamment dans les zones peu urbanisées, s'effectuèrent encore en 1985 en automobile.

Le réseau enveloppe de voies routières est donc constitué d'une part par les routes à grande circulation actuelles ; on suppose seulement que ces routes sont dimensionnées en fonction du trafic total qu'elles supportent. Il est constitué d'autre part par les deux autoroutes prévues dans le Schéma d'Aménagement : Paris - Le Havre et Paris - Caen avec un raccordement au niveau de Rouen (carte 15).

Sur ce réseau circulent des véhicules particuliers offrant des caractéristiques déterminées par l'étude paramétrique sur des transports routiers. D'autre part, et uniquement sur autoroute circulent des Bus Express du type "Grey hound".

2.2. - Les réseaux des modes de transport nouveaux.

Les études paramétriques ont montré que dans le cas de la Basse-Seine les modes de transports nouveaux suivants pouvaient être envisagés :

- parmi les transports terrestres à grande vitesse : l'Aérotrain dans le cas d'une liaison Paris - Rouen - Le Havre et Caen.
- des naviplanes (type N 300) pour la traversée de l'Estuaire.
- des VTOL (avions à décollage vertical) pour les plus longues liaisons : Paris - Le Havre et Paris - Caen.

2.2.1. - Le réseau d'"Aérotrain".

Pour l'"Aérotrain" il y a deux possibilités. Pour les liaisons Paris - Rouen on a le choix entre : un tracé rive droite et un tracé rive gauche. Chacun de ces tracés renforce une intention du Schéma d'Aménagement. Le tracé rive droite correspond à une ligne directe Paris - Rouen. Le tracé rive gauche relie Evreux à Rouen.

En aval de Rouen, on a retenu le tracé qui satisfait le mieux les intentions du Schéma d'Aménagement : le tracé rive gauche qui va jusqu'à Caen, avec un embranchement vers Le Havre aux environs de Pontaudemer.

On a donc le choix entre :

- La ligne Paris - Rouen Rive droite - Caen avec un embranchement vers Le Havre (Carte n° 13)
- La ligne Paris - Evreux - Rouen - Caen avec un embranchement vers Le Havre (Carte n° 14)

2.2.2. - Les autres réseaux.

Le réseau de voies aériennes pour le VTOL est composé de deux liaisons : Paris - Caen et Paris-Le Havre (Carte 16)

Le réseau de voies maritimes pour des Naviplanes est composé de 3 liaisons : Le Havre - Caen, Le Havre - Deauville, Deauville - Caen (Carte 16).

3. - LES TEMPS ET LES COÛTS PORTE A PORTE.

=====

Afin de pouvoir comparer, pour une liaison donnée, différents modes de transport qui sont susceptibles d'être utilisés en 1985, on a recours à la notion de mode abstrait.

3.1. - La notion de mode abstrait.

De nombreux auteurs, particulièrement aux Etats-Unis ont introduit la notion de mode abstrait soit dans l'analyse de l'offre (1) soit dans l'analyse de la demande (2).

Un mode abstrait est défini par un ensemble de paramètres dont les principaux sont :

le coût (pour l'offre ou le prix (pour la demande),
 la capacité (compte tenu du coefficient de pointe),
 la vitesse moyenne ou le temps total de porte à porte,
 la fréquence ou le nombre de départs par unité de temps
 le confort.

D'autres paramètres peuvent également être introduits tels :

le droit (ou la possibilité) de fumer,
 la sécurité,
 les nuisances (effets externes : bruit, pollution),
 la surface au sol nécessaire,
 etc...

.../...

- (1) North East Corridor Transportation Project - Study Design - Juillet 1966.
 (2) North East Corridor Transportation Project - The abstract Mode Model-Juin 1966 - Richard E. Quandt et William J. Baumol - Mathematica

A titre d'exemple, en 1967 sur Paris-Rouen, les objectifs suivants, exprimés en termes abstraits, peuvent être satisfaits par des modes réels existant, la voiture ou le train.

TABLEAU I - PARIS - ROUEN 1967

| Paramètres | Prix c/km | Temps total porte à porte | Fréquence par jour et par sens |
|------------|--------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Voiture | 40 | 2 H 15 | ∞ |
| Train | 19 | 1 H 45 | 9 |

Si l'introduction de modes abstraits peut paraître un jeu de l'esprit pour décrire une situation existante, elle est d'un très grand intérêt pour l'analyse de la demande et pour la prospective technologique. C'est sous ce dernier aspect qu'on prend ici en compte une telle formalisation. Par suite, un mode abstrait est identifié par un ensemble de paramètres que l'on peut diviser en deux sous-ensembles : coûts et qualité de service.

L'analyse prospective des transports montre l'intérêt prédominant d'un paramètre : le temps total de porte à porte. Le paramètre peut être analysé par la méthode des courbes enveloppes.

Cette méthode est décrite dans le livre de F. JANTSCH (1).

Elle a été appliquée au problème des moyens de transport par M. BOULADON (2). On en reprendra ici les principaux éléments.

.../...

- (1) Eric Jantsch - Technological forecasting in perspective -OCDE- PARIS 1967.
- (2) Exposé de M. Bouladon (Institut Battelle de Genève) présenté le 4 Avril 1966 devant la table Ronde Recherche. Développement transports. Cette analyse s'applique pour tous les transports de voyageurs quelle que soit la distance ;

La méthode repose sur le postulat que chaque individu, en fonction de la civilisation à laquelle il appartient, et selon les époques "accepte subconsciemment un certain temps pour être conduit à une certaine distance". On admet également que, de même qu'il "accorde psychologiquement beaucoup moins d'importance aux distances éloignées qu'aux distances qui lui sont proches, de même qu'il acceptera un temps relativement plus long pour se rendre à de faibles distances que pour parcourir de grandes distances".

Pour élaborer cette loi on procède de la façon suivante (cf figure). En ordonnée on porte les vitesses en km/h et en abscisse les distances en km ; les deux échelles sont logarithmiques. On admet que la loi sera représentée par une droite (c'est l'hypothèse la plus simple). Pour cela on prend deux points.

- . Le point inférieur est le secteur de la marche (courtes distances). On accepte de marcher entre 400 et 500 m et on marche entre 4 et 5 km/h. Le carré ainsi obtenu sert de pivot à l'aiguille représentant la loi distance-temps.
- . Le point supérieur est défini par ce que peut faire un jet moderne en théorie ; soit 1.000 km = 1 H.

On trace alors les performances de chaque moyen de transport par rapport à cette droite, étant entendu que tout ce qui est au dessus de la droite dans l'angle supérieur gauche sera très satisfaisant.

On a mis en pointillé les performances théoriques des moyens de transport. On a tracé en traits pleins les performances réelles en tenant compte des temps d'attente. Pour l'avion on a rajouté $1 \frac{1}{2}$ H. pour l'aérotrain $\frac{1}{2}$ H et pour le métro 5 minutes.

Cette méthode de prospective dite des "courbes enveloppes" permet donc de fixer pour une distance et une époque donnée l'objectif pour le temps total porte à porte.

Ainsi, pour une distance d'environ 100 km, le temps total de parcours souhaitable s'établit à 30 minutes pour 1985 et à 20 minutes pour 2000.

Mais la courbe enveloppe, qui est par définition une limite, ne permet pas d'assurer qu'il existe des modes réels qui satisfassent les contraintes qu'elle impose en chaque point.

De plus, en ce qui concerne la Basse-Seine, les estimations que cette courbe donne paraissent optimistes notamment pour les temps de desserte. Pour avoir les estimations correctes des temps de desserte il faudrait pouvoir disposer d'une analyse systématique et d'études paramétriques sur les transports urbains. Une telle analyse n'a pu être trouvée dans la littérature existante. On sera donc conduit à prendre des temps de desserte supérieurs à ceux indiqués sur la courbe.

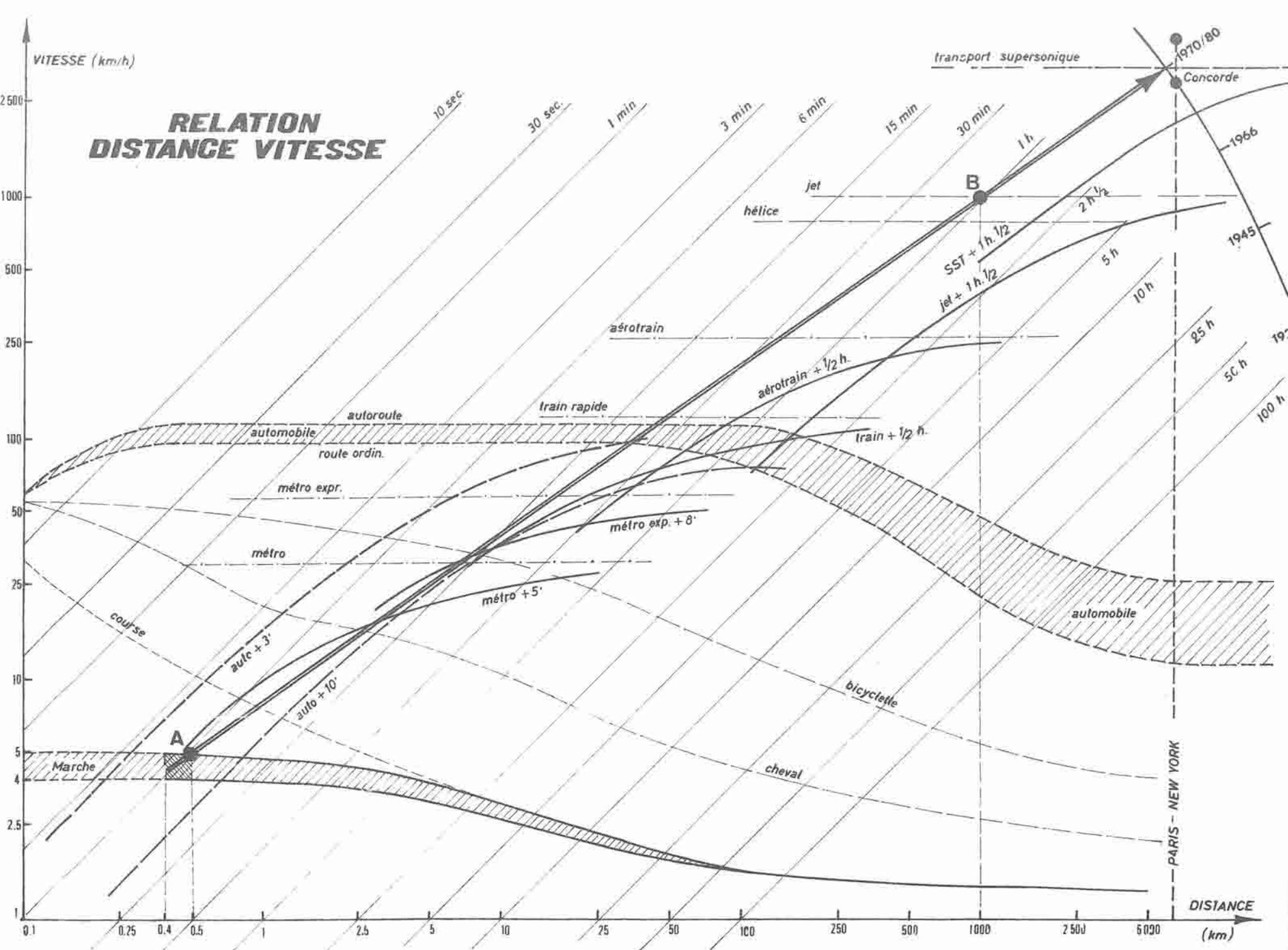
3.2. - Les temps porte à porte.

Le temps porte à porte, pour tout mode de transport comprend :

3.2.1. - Un temps de desserte origine et un temps de desserte destination.

Pour une zone donnée et pour un mode donné, les temps de desserte origine et destination sont égaux. De même pour certains modes de transports nouveaux (Aérotrain et VTOL) les temps de desserte varient suivant le motif du déplacement. Enfin le temps de desserte varie selon les zones considérées. Les temps retenus sont présentés dans le tableau suivant :

.../...



Temps de desserte en minutes.

| Modes | Motif | Zones | | |
|------------------|-------|---------------|--------------------------------------|--------------|
| | | Paris (14) | Rouen (4) Havre (10) Caen (11) | Autres zones |
| TRAIN ELECTRIQUE | AF-PE | 30 | 15 | 10 |
| TURBOTRAIN | AF-PE | 30 | 15 | 10 |
| AEROTRAIN | AF | 15 | 10 | 5 |
| | PE | 30 | 15 | (1) |
| VP | AF-PE | 30 | 15 | 10 |
| BUS-EXPRESS | AF-PE | 30 | 15 | 10 |
| VTOL | AF | 15 | 10 | - |
| | PE | 30 | 15 | - |
| NAVIPLANE | AF-PE | - | 15 (LE HAVRE) 25 (CAEN) | 10 |

(1) On a rabattu les zones 3 et 6 sur la zone 4 et la zone 8 sur la zone 10. Pour calculer le temps de desserte de ces zones rabattues on a considéré que le temps de desserte était équivalent au temps porte à porte entre ces zones (3-4, 6-4, 8-10), par VP sur autoroute moins le temps de desserte des zones 4 et 10.

Pour établir ces temps de desserte on a pris le train et l'avion comme élément de référence. Pour cela on a utilisé les résultats du rapport SETEC 1963. "Place du Transport Aérien intérieur dans les transports de personnes en France".

Actuellement les temps de desserte sont de 19' et 37' pour le train et l'avion, 40' dans le cas d'Orly. On a choisi en 1985 des valeurs supérieures pour le train (Electrique et TurboTRAIN), car à

cette date les agglomérations s'étendent encore d'avantage ce qui aura pour résultat d'augmenter les temps de desserte.

Dans le cas de l'Aérotrain et du VTOL nous avons fait une différence entre voyages professionnels et personnels. Pour les voyages personnels nous avons pris les mêmes valeurs que précédemment. Mais pour les voyages professionnels nous avons pris des valeurs inférieures car on a supposé que les voyageurs empruntant ces modes de transport se rendaient au centre des agglomérations où seront concentrés les secteurs des affaires et principalement le tertiaire.

3.2.2. - Un temps d'attente.

Le temps d'attente est indépendant des zones et des motifs. On a donc un temps d'attente par mode.

| | |
|----------------------|------------|
| Train électrique | 20 minutes |
| Turbotrain | 10 " |
| Aérotrain | 5 " |
| Véhicule particulier | 0 " |
| Bus Express | 10 " |
| VTOL | 20 " |
| Naviplane | 10 " |

Comme pour les temps de desserte nous avons pris les résultats du rapport SETEC pour choisir les temps d'attente de nos différents moyens de transport (le train étant pris comme référence).

Pour le train nous avons conservé le temps d'attente actuel c'est à dire 20'. Nous avons pris des temps d'attente inférieurs pour le turbotrain et l'aérotrain ceci en raison de la fréquence plus élevée de ces 2 nouveaux moyens de transport. Quant au VTOL, nous avons pris comme référence le temps d'attente actuel dans les aéroports qui est de 40', et toujours en raison de la fréquence plus élevée et d'autre part en raison

de la proximité du centre de la ville, nous avons ramené ce temps à 20'.

3.2.3. - Un temps de parcours.

Le temps de parcours comprend :

- un temps de trajet proprement dit qui est fonction de la vitesse et de la distance.
- un temps d'accélération et de décélération.
- un temps d'arrêt par station, qui comprend lui-même le temps d'arrêt proprement dit, plus un temps de décélération et un temps d'accélération.

Les temps de parcours sont donc obtenus à partir du tableau suivant :

Temps de parcours en minutes.

| Mode | Accélération + décélération | Vitesse | Arrêt par station. |
|----------------------|--------------------------------|----------|-----------------------|
| Train électrique | 10 min. | 140 km/h | 13 min. |
| Turbotrain | 6 | 180 km/h | 9 |
| Aérotrain | 4 | 300 km/h | 7 |
| Véhicule Particulier | | | |
| sur route | 0 | 80 km/h | 0 |
| sur autoroute | 0 | 100 km/h | 0 |
| Bus Express | 0 | 65 km/h | 3 |
| VTOL | 0 | 600 km/h | 0 |
| Naviplane | 0 | 90 km/h | 0 |

3.3. - Les coûts porte à porte.

Les coûts porte à porte, pour tout mode de transport comprennent :

3.3.1. - Un coût de desserte origine et un coût de desserte destination.

On fait les mêmes hypothèses que pour les temps. Les coûts de desserte sont donnés dans le tableau suivant :

Coûts de desserte en centimes.

| Modes | Motif | Zones | | |
|------------------|-------|---------------|--------------------------------------|--------------|
| | | Paris (14) | Rouen (4) Havre (10) Caen (11) | Autres zones |
| Train Electrique | AF-PE | 200 | 250 | 300 |
| Turbotrain | AF-PE | 200 | 250 | 300 |
| Aérotrain | AF | 100 | 125 | 150 (1) |
| | PE | 150 | 175 | 200 (1) |
| VP | AF-PE | 420 | 210 | 140 |
| Bus Express | AF-PE | 200 | 250 | 300 |
| VTOL | AF | 100 | 200 | - |
| | PE | 150 | 250 | - |
| Naviplane | AF-PE | - | 250 (LE HAVRE) 400 (CAEN) | 300 |

(1) Mêmes hypothèses que pour les temps en ce qui concerne les zones 3 et 6 rabattues sur la zone 4 et la zone 8 rabattue sur la zone 10.

3.3.2. - Le coût de parcours.

Il est fonction du coût au kilomètre défini par les études paramétriques précédentes.

Dans le cas de la voiture nous avons pris en compte, le coût marginal effectivement payé par l'utilisateur, c'est à dire, le carburant et l'entretien. Pour le bus, nous avons utilisé les résultats d'une enquête aux Etats-Unis sur les transports routiers interurbains de voyageurs

Au coût de 6,2 centimes au kilomètre obtenu nous avons ajouté un coût social de 3 centimes par kilomètre.

Quant à l'Aérotrain, après plusieurs passages du modèle sur ordinateur nous avons retenu 17 c/km. Finalement nous avons pris en compte les coûts suivants :

| | |
|----------------------|--|
| Train électrique | 6 centimes |
| Turbotrain | 9 centimes sur les liaisons PARIS - ROUEN LE HAVRE - CAEN |
| | 12 centimes sur les autres liaisons. |
| Aérotrain | 17 centimes |
| Véhicule particulier | 14 centimes |
| Bus Express | 9,2 centimes |
| VTOL | 30 centimes |
| Naviplane | 30 centimes. |

4. - ANALYSE DE LA SUBSTITUTION.

=====

Etant donné un certain nombre de moyens de transport caractérisés par les temps et les coûts porte à porte, "l'analyse de la substitution" consiste à déterminer la répartition des voyageurs empruntant tel ou tel mode de transport pour une demande globale donnée.

4.1. - Principe.

Pour cela on a utilisé le modèle prix-temps du rapport SETEC "Place du Transport Aérien intérieur dans les Transports de personnes en France".

On considère une relation origine-destination donnée à une date donnée.

Dans un premier temps on suppose que l'on a 2 moyens de transport m_1 et m_2 , caractérisés par leurs prix et leurs temps de parcours porte à porte.

On aura :

| | | | |
|-------|-------|-----|-------|
| | m_1 | | m_2 |
| Prix | P_1 | $>$ | P_2 |
| Temps | T_1 | $<$ | T_2 |

Le voyageur devant choisir entre m_1 et m_2 effectue une comparaison en tenant compte :

- de la différence $P_1 - P_2$

- de l'avantage qu'il attribuera à m_1 par rapport à m_2 (à prix égal) soit :

$$h (T_2 - T_1).$$

h étant la valeur monétaire attachée par le voyageur à l'heure économisée ou valeur du temps.

Le voyageur prendra donc le moyen de transport m_1 si

$$h (T_2 - T_1) > P_1 - P_2,$$

soit $h > \frac{P_1 - P_2}{T_2 - T_1};$

et inversement il prendra le mode m_2 si

$$h < \frac{P_1 - P_2}{T_2 - T_1}$$

Ainsi si on considère la courbe cumulative de distribution des valeurs de h pour l'ensemble des voyageurs devant effectuer un choix, la proportion de voyageurs utilisant le mode m_2 correspondra à la valeur lue sur cette courbe à l'abscisse $h = \frac{P_1 - P_2}{T_2 - T_1}$

Avant de passer au choix d'une courbe de répartition de la valeur du temps parmi les voyageurs considérons le cas de 3 moyens de transport :

| | | | | | |
|-------|-------|-----|-------|-----|-------|
| | m_1 | | m_2 | | m_3 |
| Prix | P_1 | $>$ | P_2 | $>$ | P_3 |
| Temps | T_1 | $<$ | T_2 | $<$ | T_3 |

On obtient dans ce cas 3 valeurs de h :

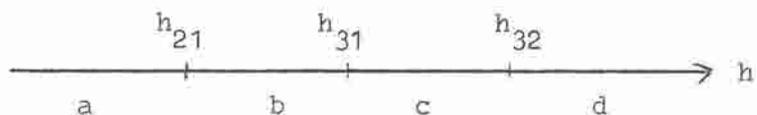
$$h_{21} = \frac{P_1 - P_2}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

$$h_{31} = \frac{P_1 - P_3}{T_3 - T_1} \quad (2)$$

$$h_{32} = \frac{P_2 - P_3}{T_3 - T_2} \quad (3)$$

On cherche quels sont les h à considérer,

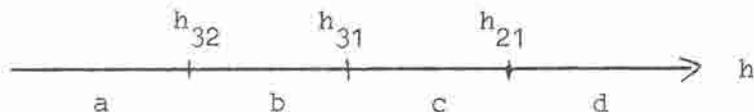
supposons que $h_{21} < h_{31} < h_{32}$



| | | | | |
|----------------------|---|--------|-----|--------------------|
| en - a - nous aurons | 2 | préfér | à 1 | } donc il reste m3 |
| | 3 | " | à 1 | |
| | 3 | " | à 2 | |
| en - b - nous aurons | 1 | " | à 2 | } donc il reste m3 |
| | 3 | " | à 1 | |
| | 3 | " | à 1 | |
| en - c - nous aurons | 1 | " | à 2 | } donc il reste m1 |
| | 1 | " | à 3 | |
| | 3 | " | à 2 | |
| en - d - nous aurons | 1 | " | à 2 | } donc il reste m1 |
| | 1 | " | à 3 | |
| | 2 | " | à 3 | |

La seule valeur à considérer est donc h_{31} ce qui entraîne que le mode m_2 s'élimine de lui-même.

Supposons maintenant que $h_{32} < h_{31} < h_{21}$



| | | | | |
|----------------------|---|--------|-----|--------|
| en - a - nous aurons | 3 | préfér | à 2 | } → m3 |
| | 3 | " | à 1 | |
| | 2 | " | à 1 | |
| en - b - nous aurons | 2 | " | à 3 | } → m2 |
| | 3 | " | à 1 | |
| | 2 | " | à 1 | |
| en - c - nous aurons | 2 | " | à 3 | } → m2 |
| | 1 | " | à 3 | |
| | 2 | " | à 1 | |
| en - d - nous aurons | 2 | " | à 3 | } → m1 |
| | 1 | " | à 3 | |
| | 1 | " | à 2 | |

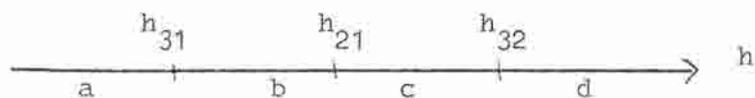
Dans ce cas nous prendrons en compte 2 valeurs de h

soit : h_{32} et h_{21}

Les 3 moyens de transport restent donc en présence.

Pour 3 moyens de transport seules ces 2 combinaisons sont possibles. Toute autre combinaison entraîne un cyclage et on démontre que cela est impossible.

Soit l'ordre suivant $h_{31} < h_{21} < h_{32}$



| | | | | | |
|------------------|---|--------|-----|-------------------|-------------------|
| en - a - on aura | 3 | préfér | à 1 | } → m3 | <u>» : préfér</u> |
| | 2 | " | à 1 | | |
| | 3 | " | à 2 | | |
| en - b - on aura | 1 | " | à 3 | } → 1 » 3 » 2 » 1 | |
| | 2 | " | à 1 | | |
| | 3 | " | à 2 | | |

nous arrivons à un cyclage.

.../...

supprimons le mode 2 ou 3 ; 3 par exemple

on aura $1 \gg 2 \gg 1$

Ce qui est impossible avec 2 modes de transport.

Par suite tout cyclage est impossible avec 3 modes de transport et il ne reste plus que 2 solutions possibles.

Un raisonnement analogue peut être fait avec 4 moyens de transport. Dans ce cas nous avons 6 valeurs de h, soit $n = 6 !$ combinaisons, c'est à dire $n = 720$.

En fait il ne reste finalement que 14 solutions, toutes les autres entraînant un cyclage.

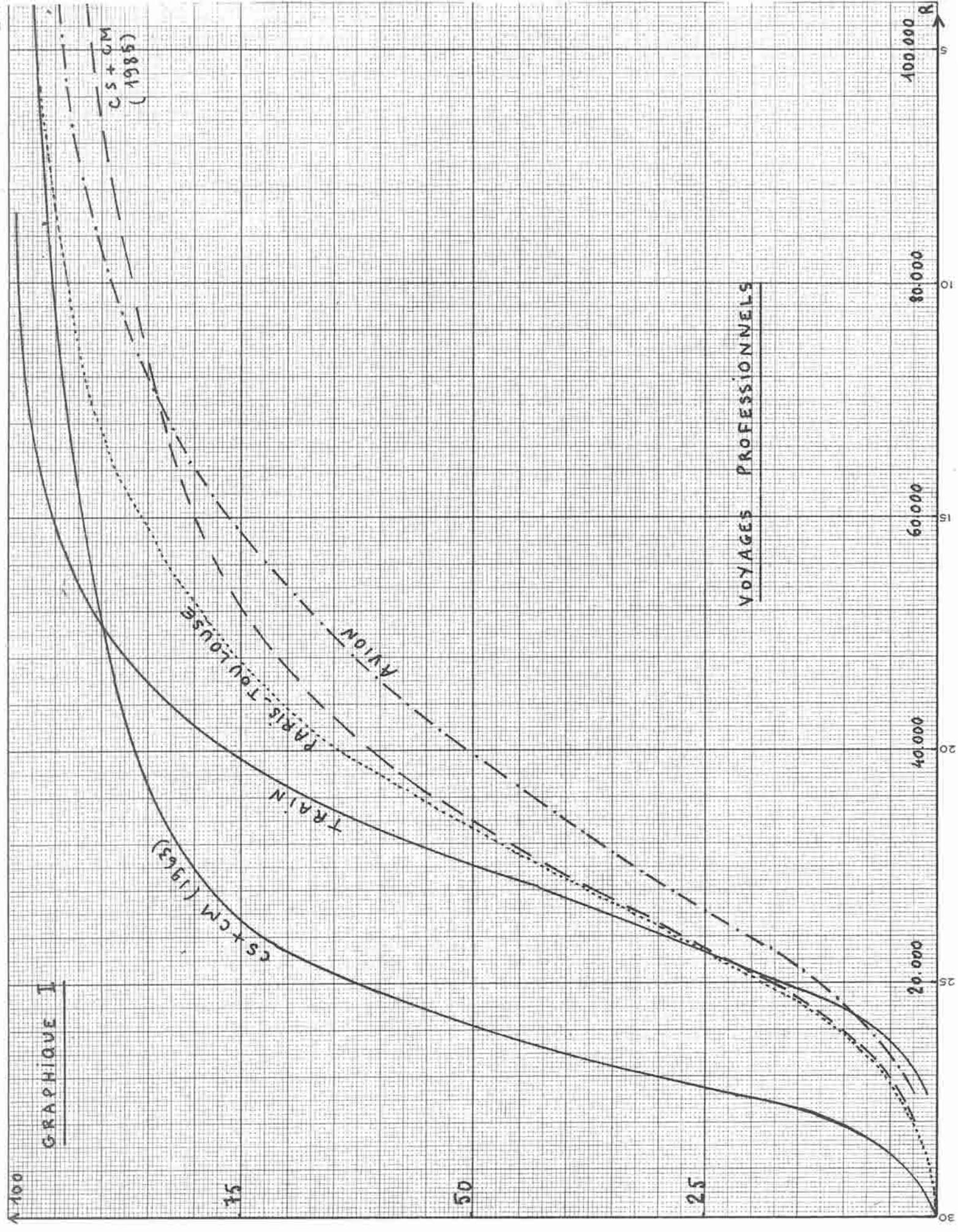
4.2. - Choix de la courbe de répartition des valeurs du temps des voyageurs en 1985.

Une telle courbe doit permettre de connaître en 1985 la proportion de voyageurs utilisant tel ou tel mode de transport, le critère de base étant la valeur du temps h.

Donc notre but est de chercher ou d'établir une telle courbe valable en 1985, à partir d'enquêtes et de résultats effectués en 1965. Nous considérerons 2 motifs pour les voyages : professionnels et personnels.

4.2.1. - Voyages professionnels.

Considérons le graphique I où en abscisse on a le revenu annuel net des voyageurs et en ordonnée les pourcentages cumulés du nombre de voyageurs.



GRAPHIQUE I

VOYAGES PROFESSIONNELS

CS+CM (1985)

CS+CM (1963)

PARIS-TOLOUSE

TRAIN

AVION

100

75

50

25

0

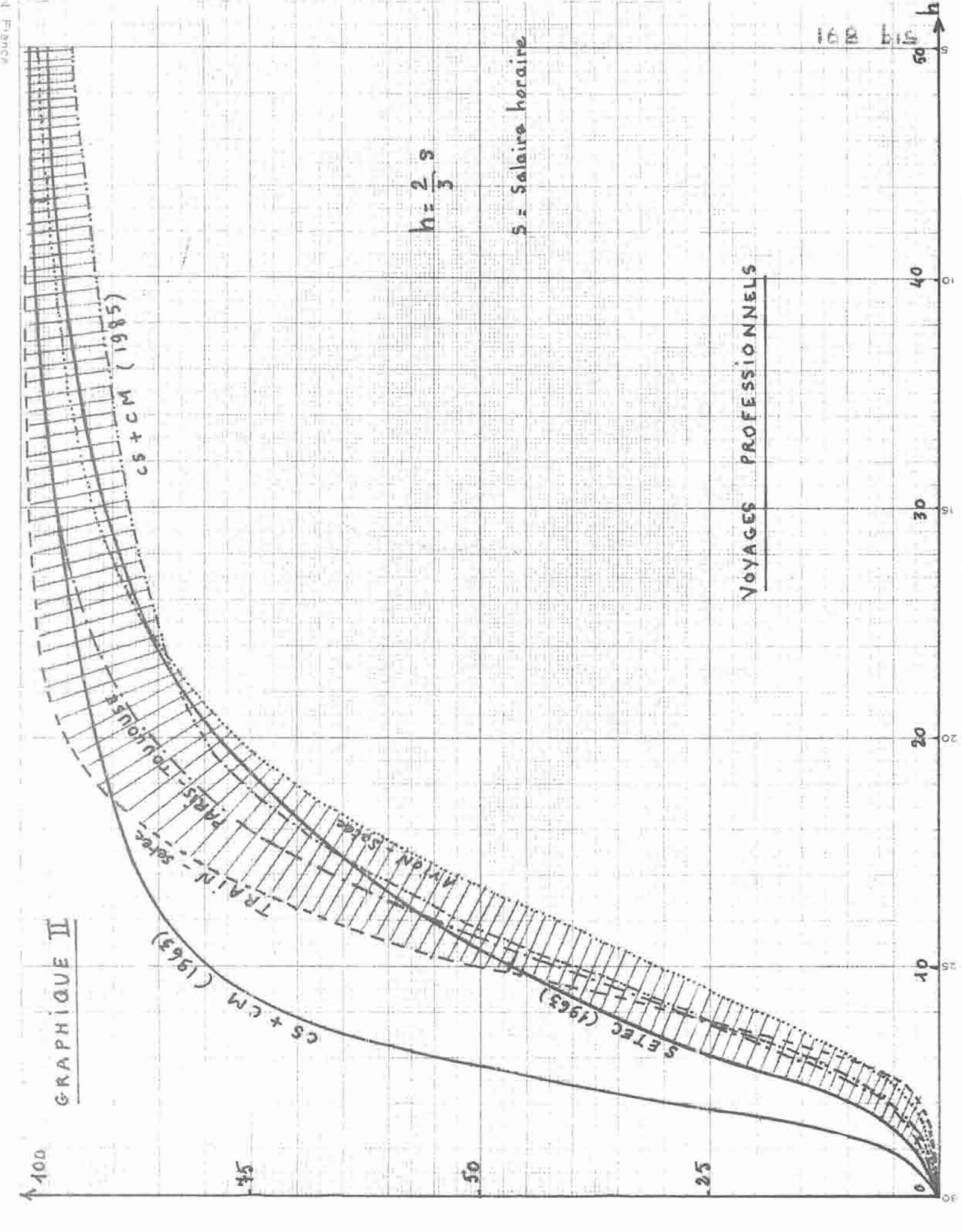
20.000

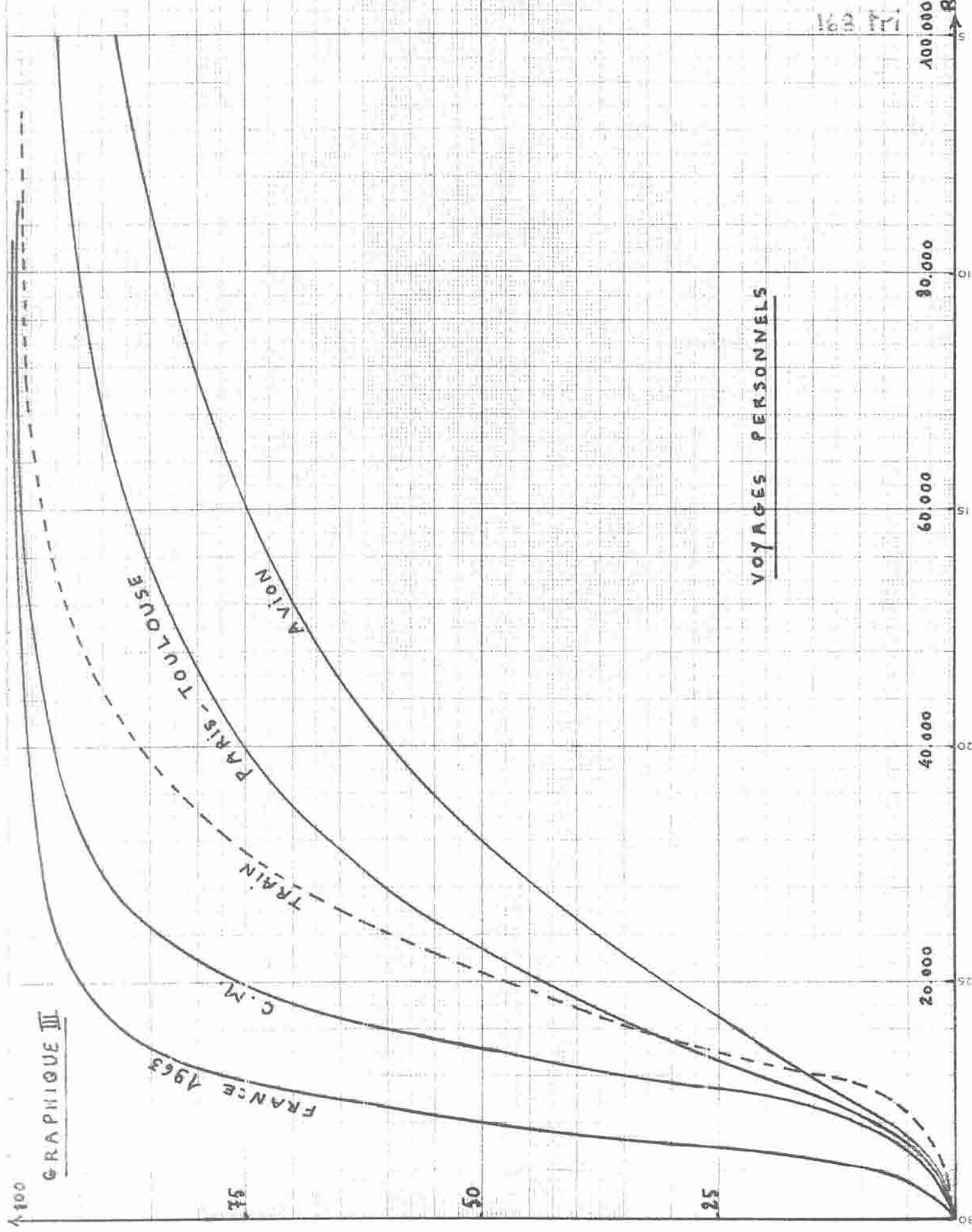
40.000

60.000

80.000

100.000 R





GRAPHIQUE III

VOYAGES PERSONNELS

100

50

50

25

30

FRANCE 1963

C.M.

TRAIN

PARIS-TOULOUSE

AVION

20.000

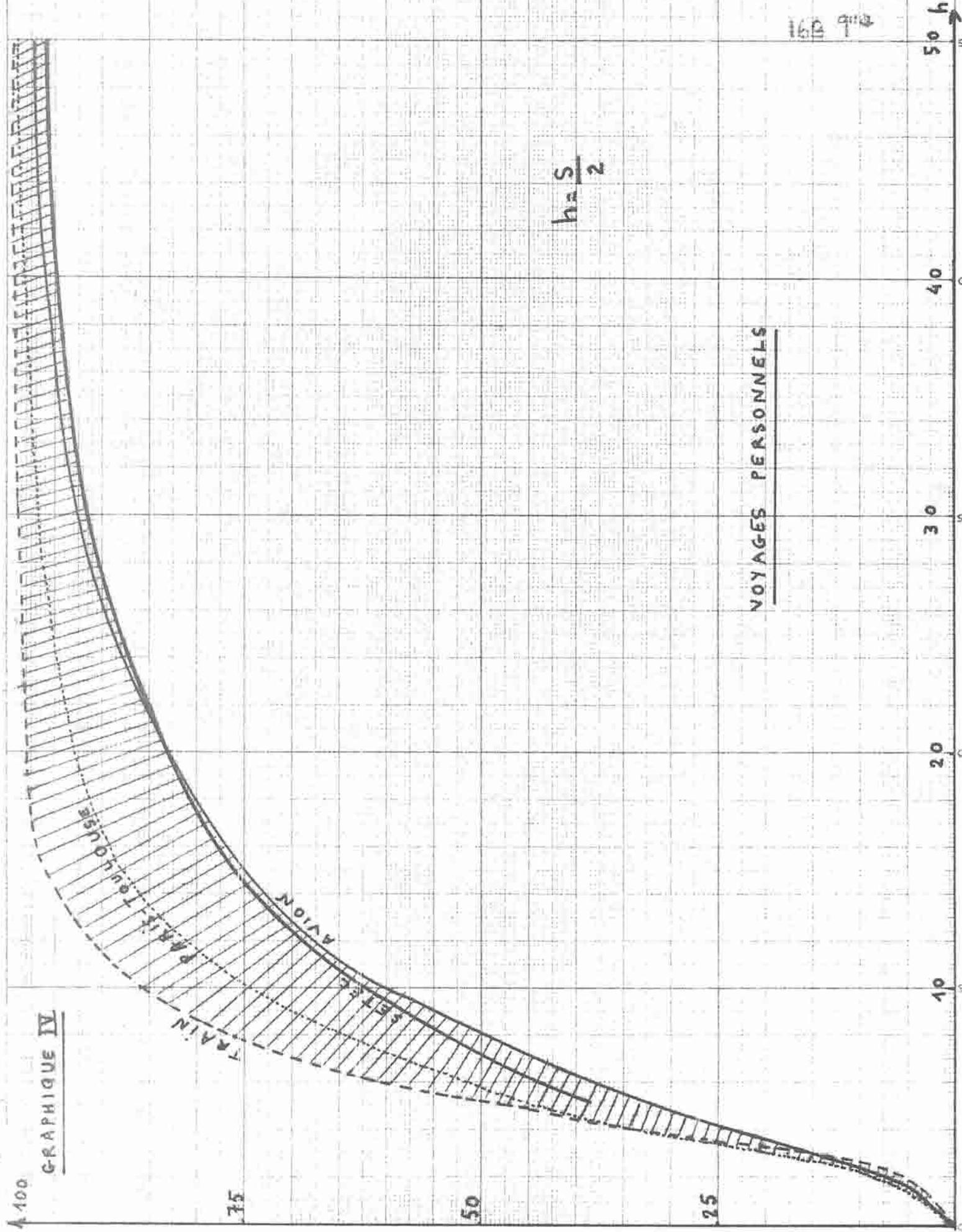
40.000

60.000

80.000

100.000

R



100

75

50

25

TRAIN

AVION

MÉTROPOLITAIN

MÉTROPOLITAIN

GRAPHIQUE IV

VOYAGES PERSONNELS

$h = \frac{S}{2}$

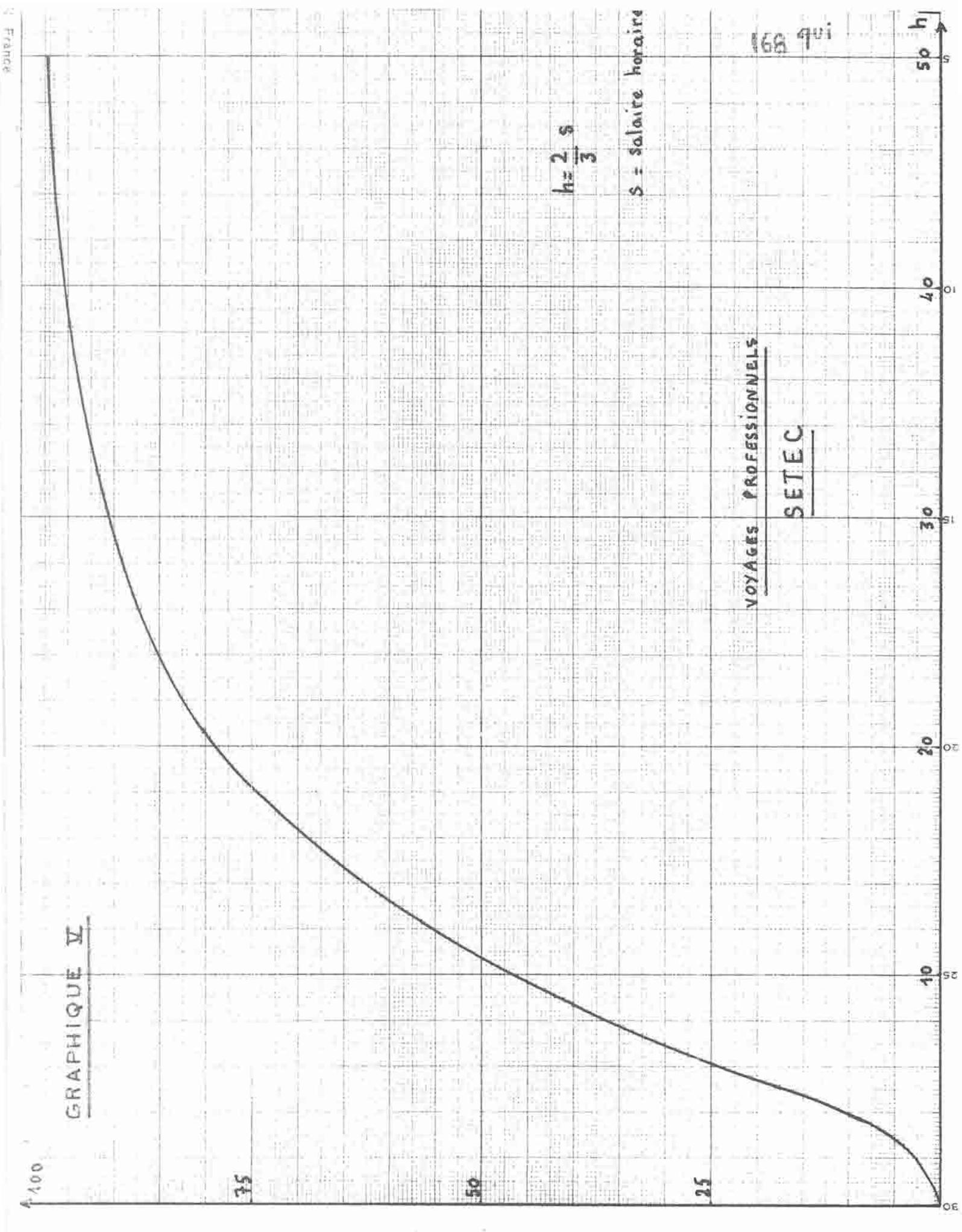
10

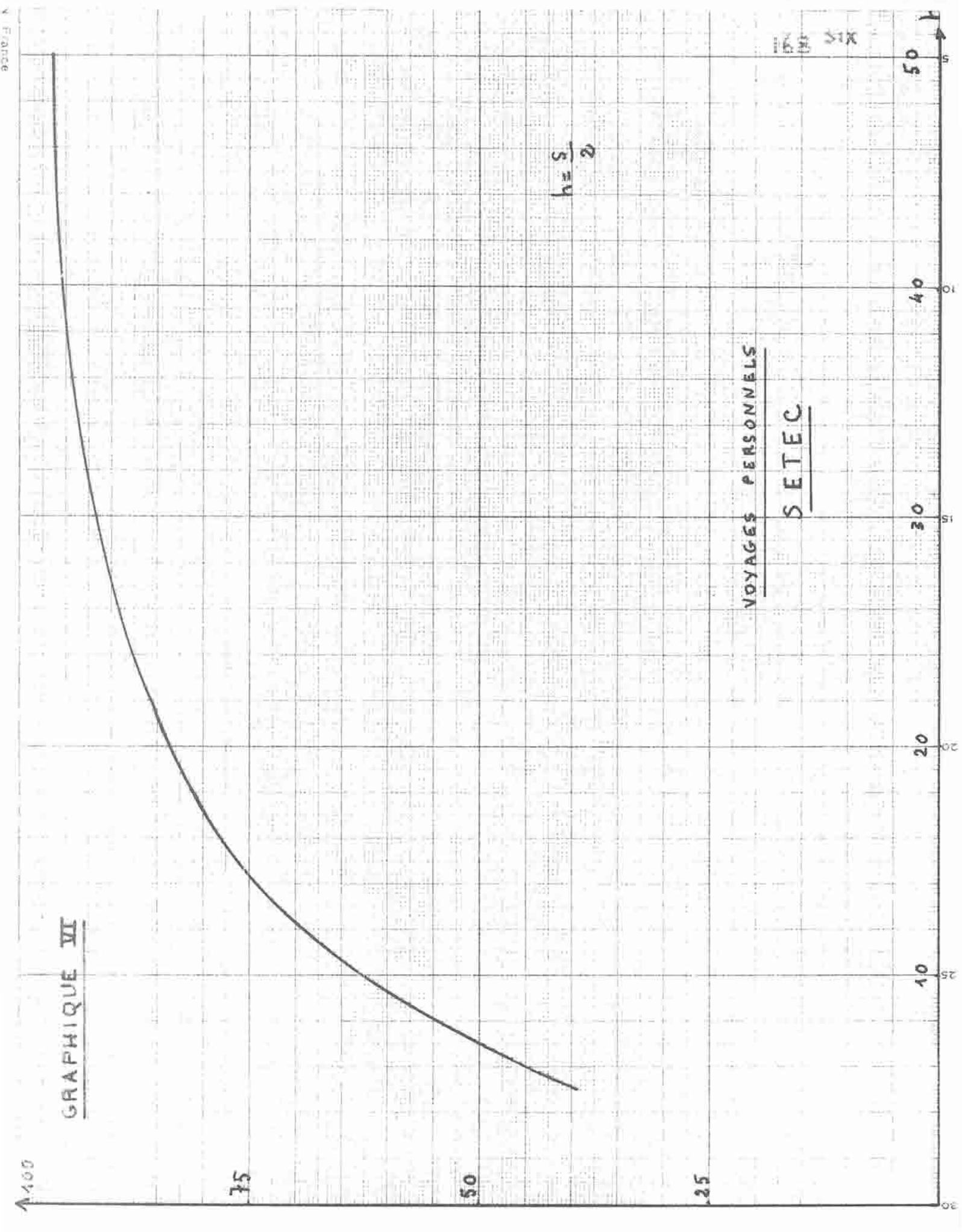
20

30

40

50 h





La courbe de PARIS-TOULOUSE a été tracée d'après les résultats issus du rapport SETEC "PARIS-TOULOUSE".

Quant aux courbes Train et Avion, elles proviennent toutes deux du rapport SETEC "Place du Transport Aérien Intérieur dans les Transports de personnes en France."

Ces 3 courbes représentent en particulier des personnes à revenus élevés, la grande majorité d'entre eux étant des cadres supérieurs et des cadres moyens.

Il était donc intéressant de leur comparer la courbe de répartition des revenus des cadres supérieurs et moyens en France en 1963. (Réf. Annuaire Statistique de la France 1965 INSEE).

Une telle répartition est représentée par la courbe CS + CM.

On constate ainsi que 50 % de ces cadres supérieurs et moyens ont un revenu supérieur à 17.000 F ; alors qu'en réalité parmi les gens qui voyagent, PARIS-TOULOUSE par exemple, 88 % ont un revenu supérieur à 17.000 F et 92 % pour l'avion.

En supposant que le revenu double d'ici 1985 ce qui suppose une augmentation annuelle de 3,5 % on obtient la courbe CS + CM 1985, qui est assez voisine des 3 autres en particulier de celle de PARIS-TOULOUSE sauf pour les revenus très élevés.

Ainsi on peut dire que les courbes PARIS-TOULOUSE et AVION qui représentent actuellement la répartition des revenus d'une certaine catégorie de voyageurs en 1963, représenteront en 1985 la répartition des revenus de l'ensemble des voyageurs.

Considérons maintenant le graphique II où en abscisse on a la valeur du temps h et en ordonnée les pourcentages cumulés du nombre de voyageurs.

Toutes ces courbes sont issues du graphique I en supposant que la valeur du temps $h = \frac{2}{3} S$.
 S étant le salaire horaire ou mieux le revenu horaire du voyageur.

En plus, il apparait sur ce graphique une 6ème courbe (SETEC 1963) qui est issue du rapport SETEC "Place du Transport Aérien Intérieur dans les Transports de personnes en France".

Cette courbe représente en 1963 la répartition d'une certaine catégorie de voyageurs (Trains rapides 1ère Classe, avion), en fonction de h .
 h étant la valeur monétaire attachée par le voyageur à l'heure économisée.

On constate alors que la courbe $\frac{2}{3}$ (CS + CM 1985) est très voisine de la courbe SETEC.

Par suite on peut admettre que la courbe SETEC représentera en 1985 la répartition de tous les voyageurs en fonction de la valeur h qu'ils accordent à leur temps.

Le choix de la courbe SETEC peut aussi se justifier en considérant l'élasticité de h par rapport au revenu.

Toujours d'après le rapport SETEC on a :

| | | |
|------------------------|-----------|---|
| Voyages professionnels | $e = 0,7$ | $e = \frac{\frac{\Delta h}{h}}{\frac{\Delta R}{R}}$ |
| " personnels | $e = 1,6$ | |

en 1985 on a supposé que les revenus allaient doubler d'où $R \times 2$. par suite

$$\frac{\Delta h}{h} = 0,7$$

donc h sera multiplier par 1,7

en 1963 on avait $h = 5,8$ pour 50 %

en 1985 on aura $h = 5,8 \times 1,7 = 9,86$ pour 50 %

la courbe SETEC nous donne $h = 10,6$

une élasticité de 0,8 conduirait à $h = 10,44$.

Le choix de la courbe SETEC est donc acceptable.

4.2.2. - Voyages personnels.

Un raisonnement analogue peut être fait pour les voyages personnels. Mais dans ce cas on prendra une valeur de h égale à la moitié du salaire horaire.

Sur le graphique IV on constate que la courbe SETEC est très voisine de la courbe AVION. Comme précédemment on peut supposé que la courbe de répartition des revenus en 1985 pour tous les voyageurs sera identique à la courbe de répartition des revenus en 1963 d'une certaine catégorie de voyageurs, une minorité, ceux qui prennent l'avion.

Par suite, le choix de la courbe SETEC est acceptable.

En considérant l'élasticité de h par rapport au revenu nous aurons :

en 1965 $h = 2,7$ pour 50 %

en 1985 $h = 2,7 \times 2,6 = 7$ comme sur la courbe SETEC.

4.3. - Application.

Soient 3 moyens de transport présentant les caractéristiques suivantes :

| | m1 | | m2 | | m3 |
|-------|-------|-----|-------|-----|-------|
| Prix | P_1 | $>$ | P_2 | $>$ | P_3 |
| Temps | T_1 | $<$ | T_2 | $<$ | T_3 |

4.3.1. - Calcul de h.

$$h_{12} = \frac{P_1 - P_2}{T_2 - T_1}$$

$$h_{13} = \frac{P_1 - P_3}{T_3 - T_1}$$

$$h_{23} = \frac{P_2 - P_3}{T_3 - T_2}$$

4.3.2. - Choix de h.

Supposons l'ordre suivant : $h_{32} < h_{31} < h_{21}$
 on a vu que seules les 2 valeurs de h devaient être prises en compte h_{32}
 et h_{21} .

Soit $h_{32} = 10$ F et $h_{21} = 20$ F pour fixer les idées.

4.3.3. - Répartition du trafic.

a) Voyages professionnels.

à $h_{32} = 10 \text{ F}$ correspond un pourcentage égal à 46,5 %
sur la courbe SETEC

à $h_{21} = 20 \text{ F}$ correspond 79 %.

On aura donc : 46,5 % des voyageurs prendront le mode m3
 $79 - 46,5 = 32,5$ % des voyageurs prendront le mode m2
 et $100 - 79 = 21$ % des voyageurs prendront le mode m1

Soit une liaison entre A et B où il existe un trafic total
de 10.000 passagers par jour (2 sens réunis).

Les 3 modes m1, m2, et m3 étant seuls susceptibles d'être
pris. Nous aurons donc :

| | | | | | | | | |
|-------|-----------|------|----|------|----|-----|-------|-------|
| 4.650 | personnes | pour | le | mode | m3 | (le | moins | cher) |
| 3.250 | " | " | " | " | m2 | | | |
| 2.100 | " | " | " | " | m1 | (le | plus | cher) |

b) Voyages personnels.

Dans ce cas on se sert de la seconde courbe SETEC relative
aux voyages personnels.

5. - LES SCHEMAS DE TRANSPORT.

=====

L'analyse de la substitution qui permet de passer des déplacements origine - destination tous modes réunis aux charges par tronçons et par mode a été faite suivant deux hypothèses principales, chacune aboutissant à un schéma de transport particulier.

5.1. - Première hypothèse : le Schéma 1. (Carte 17)

Cette hypothèse consiste à dire qu'il n'y a pas d'aérotrain. L'analyse de la substitution a donc été faite entre les modes de transport suivants :

- Véhicules particuliers,
- Bus express,
- Trains électriques,
- Turbo trains,
- Naviplanes,
- VTOL (avions à décollage vertical).

on obtient ainsi le schéma 1.

5.2. - Deuxième hypothèse : les schémas 2.

Dans cette hypothèse, on envisage l'introduction de l'aérotrain. L'analyse de la substitution a donc été faite entre tous modes (modes de schéma 1, plus aérotrain). D'autre part on a considéré deux tracés de lignes d'aérotrain.

5.2.1. - Le Schéma 2A (carte 19) :

La ligne d'aérotrain est directe de Paris à Rouen. Au delà de Rouen on a une bifurcation vers le Havre et vers Caen.

5.2.2. - Le schéma 2B (carte 18)

La liaison Paris-Rouen passer par Evreux. Au delà de Rouen, seule la liaison vers Le Havre est conservée.

5.3. - Réflexions générales sur les modes de transport.

5.3.1. - Utilisation du mode en fonction de la distance.

Si l'on analyse les modes de transport utilisés en fonction de la distance entre deux zones on remarque que :

- pour les distances égales ou inférieures à 48 km, le véhicule particulier est seul choisi et ce quels que soient les modes de transport mis en présence.
- pour les distances de 49 à 100 km, les véhicules particuliers assurent encore une grosse part du trafic. Mais ceci est du en partie au fait que dans de nombreux cas les seules liaisons possibles sont routières. Dans les autres cas le véhicule particulier est fortement concurrencé par d'autres modes tels que Aérotrain, Turbo train, Naviplane.
- pour les liaisons supérieures à 100 km on peut dire que le véhicule particulier est utilisé par défaut. Là ou plusieurs modes de transports sont en présence le véhicule particulier n'est presque jamais utilisé : les préférences vont au Bus express, Turbo train, Train électrique, Aérotrain,

VTOL. Lorsqu'il est utilisé il ne l'est jamais par plus de 30 % des voyageurs.

Ainsi, encore en 1985 le véhicule particulier déterminera l'armature des transports dans la Basse-Seine. Mais le réseau sera principalement un réseau à courte distance (entre 20 et 50 km) : ce fait doit être pris en considération pour le tracé du réseau. Par contre, en ce qui concerne les distances inférieures à 20 km, on peut se demander si des transports nouveaux ne pourraient pas remplacer avantageusement le véhicule particulier en 1985. Il est également à noter que le Naviplane paraît avoir un débouché probable.

Mais c'est principalement pour les distances comprises entre 100 et 200 km que le besoin en transports nouveaux se fait sentir sans que pour autant les transports classiques tels que le Bus Express et le Train Electrique perdent leur raison d'être. Les modes de transport qui paraissent le plus susceptible de satisfaire ce besoin sont : le TurboTRAIN, l'AéroTRAIN et le VTOL.

On remarque d'abord que dans le cas de la Basse-Seine l'AéroTRAIN et le VTOL sont incompatibles, si l'un peut remplacer l'autre, l'inverse n'est pas vrai. Ainsi la ligne VTOL Paris - Le Havre n'existe que dans le schéma 1, et la ligne Paris - Caen existe dans le schéma 1 et 2B c'est à dire dans tous les cas où il n'y a pas d'AéroTRAIN Paris - Caen.

On voit ensuite que sur la ligne Paris - Le Havre, le TurboTRAIN et l'AéroTRAIN sont tous concurrentiels. Cette remarque doit néanmoins être fort nuancée : elle est valable uniquement dans le cadre des hypothèses prises : toute modification des hypothèses pourrait entraîner des changements importants du fait de la pente relativement forte des courbes de valeurs du temps.

5.3.2. - Utilisation des modes en fonction de la valeur du temps

Outre le critère de distance, il est intéressant de voir comment varie l'utilisation de chaque moyen de transport en fonction de la valeur du temps.

Dans le cas du schéma 2A nous avons obtenu la répartition suivante pour les voyages professionnels.

| Moyen de transport | Bus | Train Electrique | Turbotrain | Route Normale | Naviplane | Autoroute | Aérotrain |
|---------------------|------|------------------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Valeur moyenne de h | 5,33 | 6,90 | 12,26 | 12,96 | 13 | 13,12 | 17,12 |

Plusieurs remarques s'imposent :

- Tout d'abord les voyageurs empruntant le train électrique ou le bus ont une valeur du temps relativement faible. Ceci aura pour effet d'éliminer à plus ou moins longue échéance ces 2 moyens de transport.

En effet, le revenu augmentant, il y aura de moins en moins de gens qui auront une valeur du temps inférieure à 7 F; par suite le train électrique et le bus disparaîtront au profit des autres moyens de transport.

- Ensuite on constate que les valeurs moyennes de h pour le turbotrain, la route normale, le naviplane et l'autoroute sont très voisines. Par suite la création ou l'ouverture d'une ligne de turbotrain permettra de soulager notablement le trafic sur la route ou l'autoroute voisine (ceci étant valable pour des distances supérieures à 50 km).

- Reste l'Aérotrain, c'est sans contestation possible la grande inconnue. Tel qu'il ressort de ce tableau, on voit que les voyageurs ayant une valeur du temps de 17,12 F utilisent l'aérotrain mais comme précédemment il y a lieu d'être très prudent.

En effet nous nous trouvons là dans une région où la courbe des valeurs du temps a une pente relativement forte et toute modification des hypothèses (coût, vitesse) aurait pour effet d'augmenter ou de diminuer très fortement cette valeur.

Nous avons donc admis que la valeur moyenne de h dans le cas de l'aérotrain se situait entre 15 et 20 F et de ce fait nous avons été amené à étudier les variations du trafic en fonction du coût. (Courbes VII, VIII, IX, X, XI, XII) pour ces 2 valeurs extrêmes.

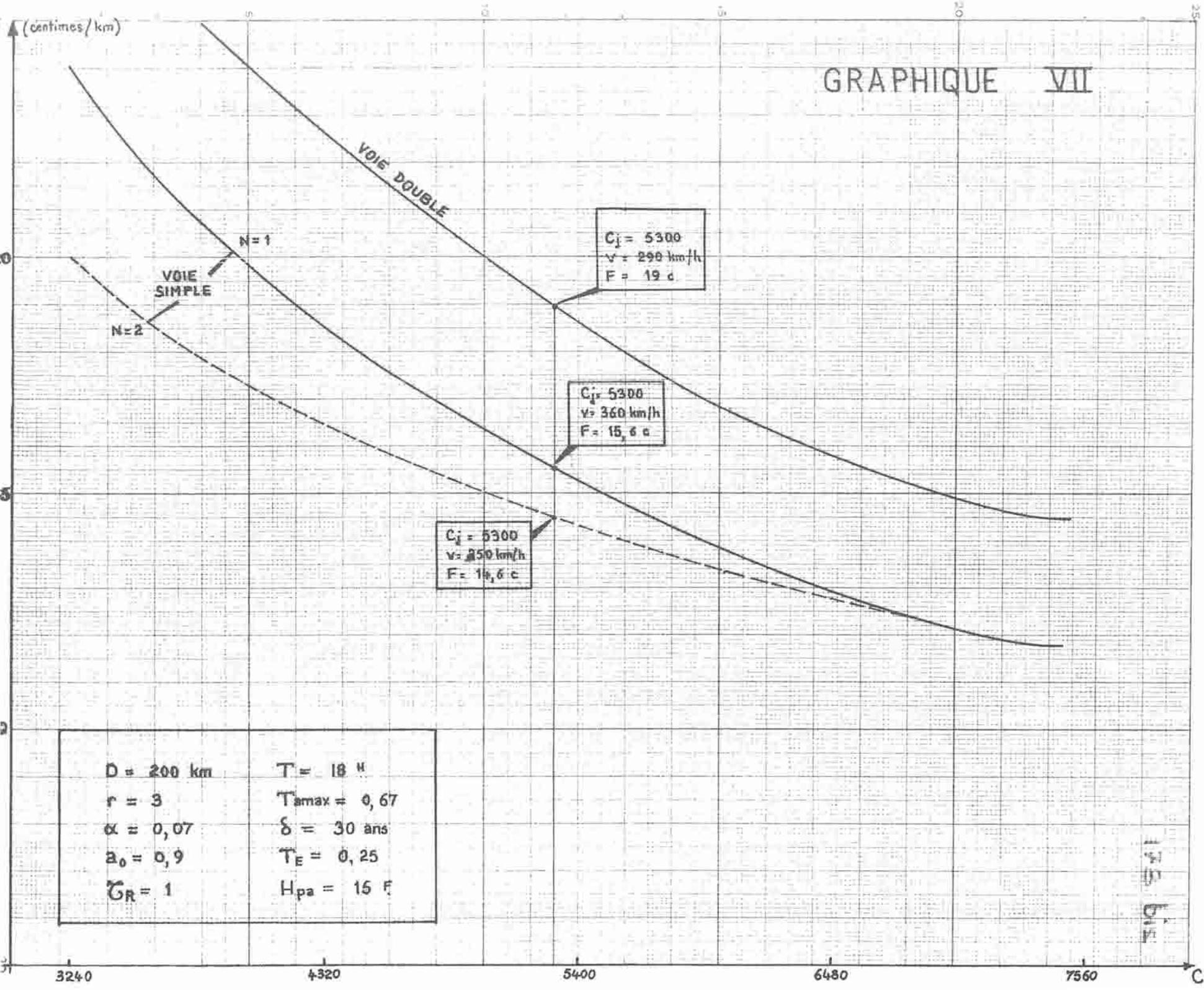
Les courbes nous montrent que pour un coefficient de remplissage de 0,6 et pour un débit de 5300 passagers par jour, le coût se situe entre 16,3 c et 16,7 c par kilomètre pour $h = 15$ F et entre 16,7 et 17,2 c pour $h = 20$ F.

Les vitesses étant différentes suivant que l'on ait 1 ou 2 aires d'évitement.

Pour 1 aire d'évitement en voie simple la vitesse sera dans tous les cas ($h = 15$ et 20 F) 360 km/h.

Pour 2 aires d'évitement $V = 250$ km/h pour $h = 15$ F
 $V = 290$ km/h pour $h = 20$ F

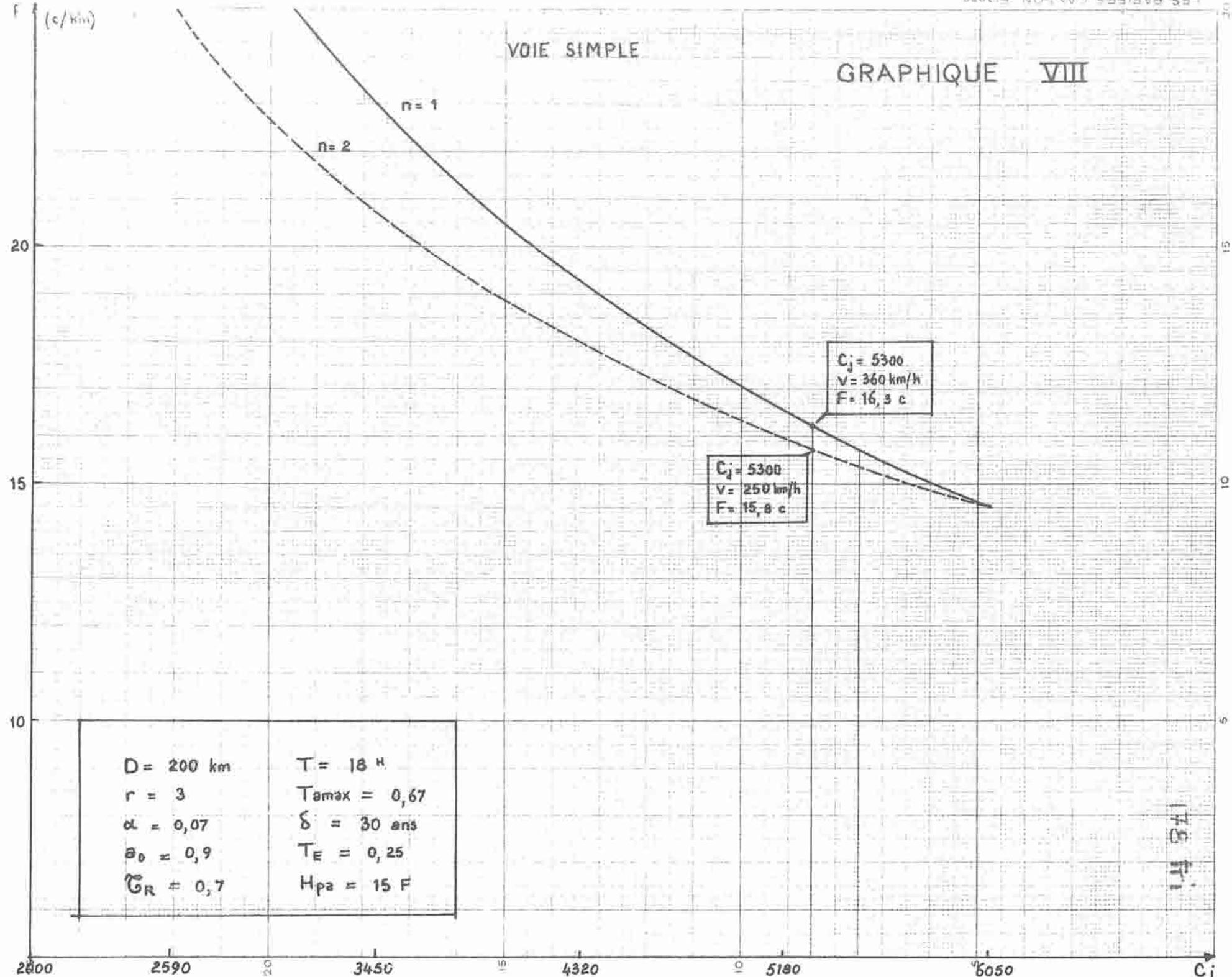
GRAPHIQUE VII



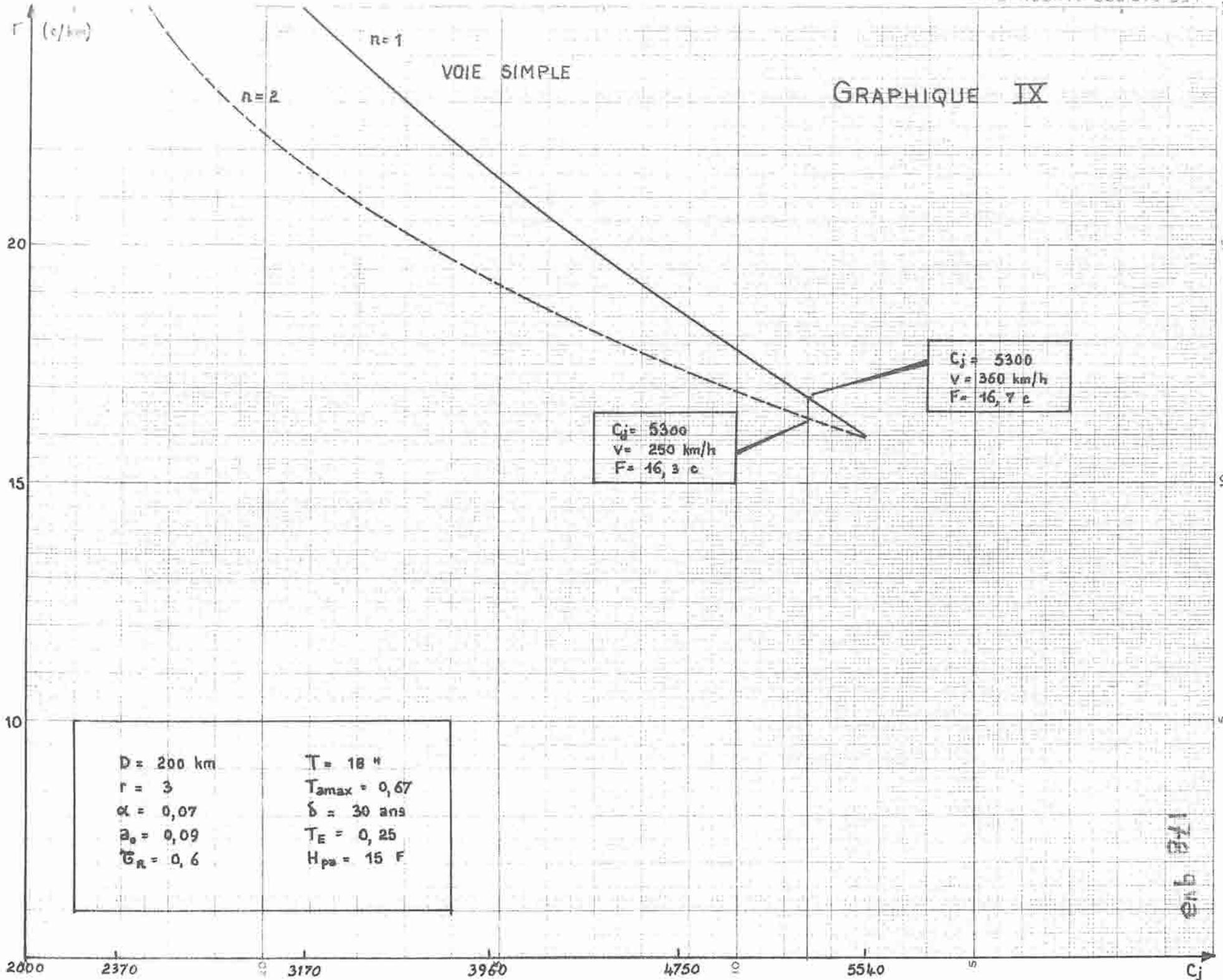
3240 4320 5400 6480 7560 C_i

VOIE SIMPLE

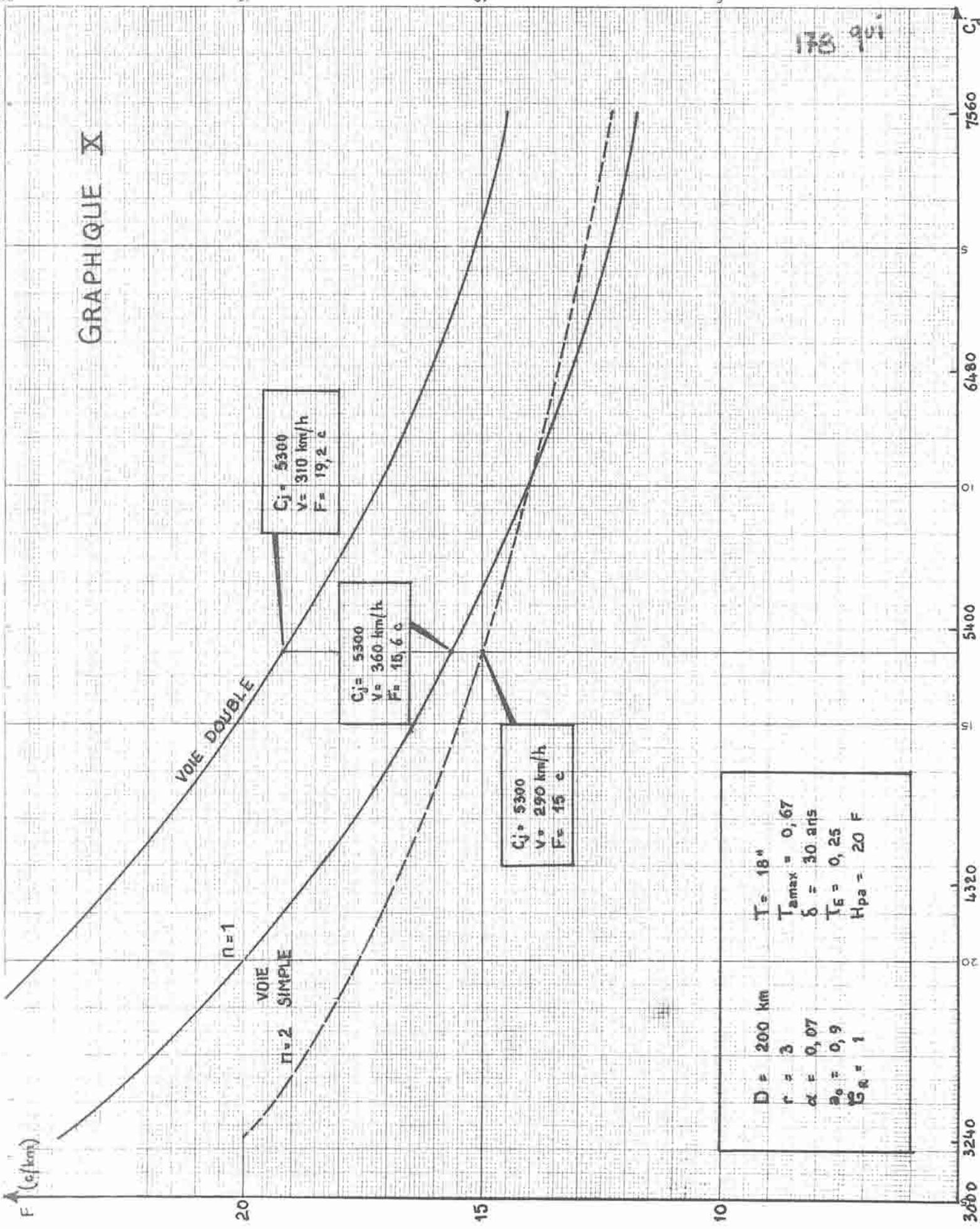
GRAPHIQUE VIII



175 F1



GRAPHIQUE X

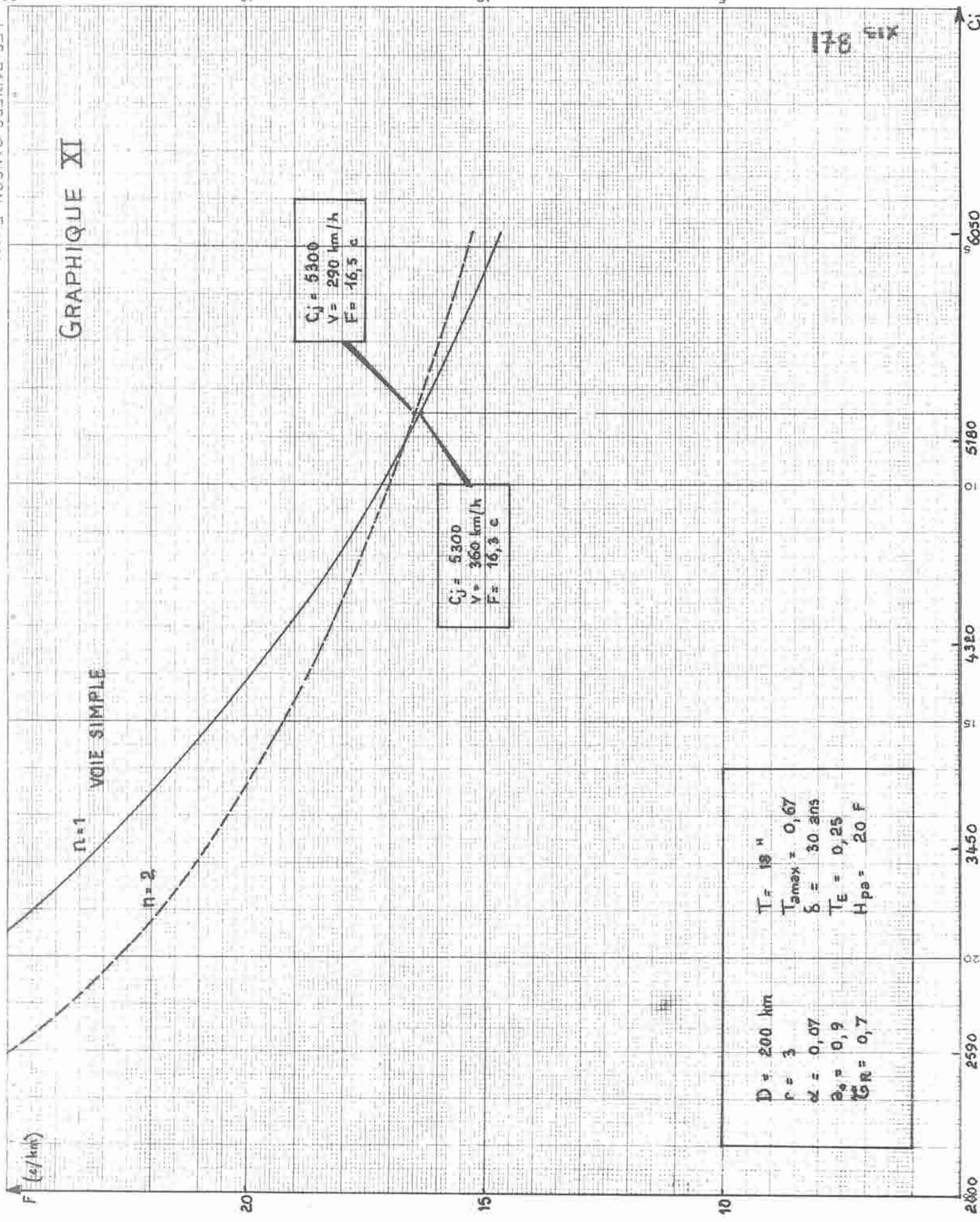


138 901

3600 3240 4320 5400 6480 7560 C_j

20 15 10 $F \text{ (c/km)}$

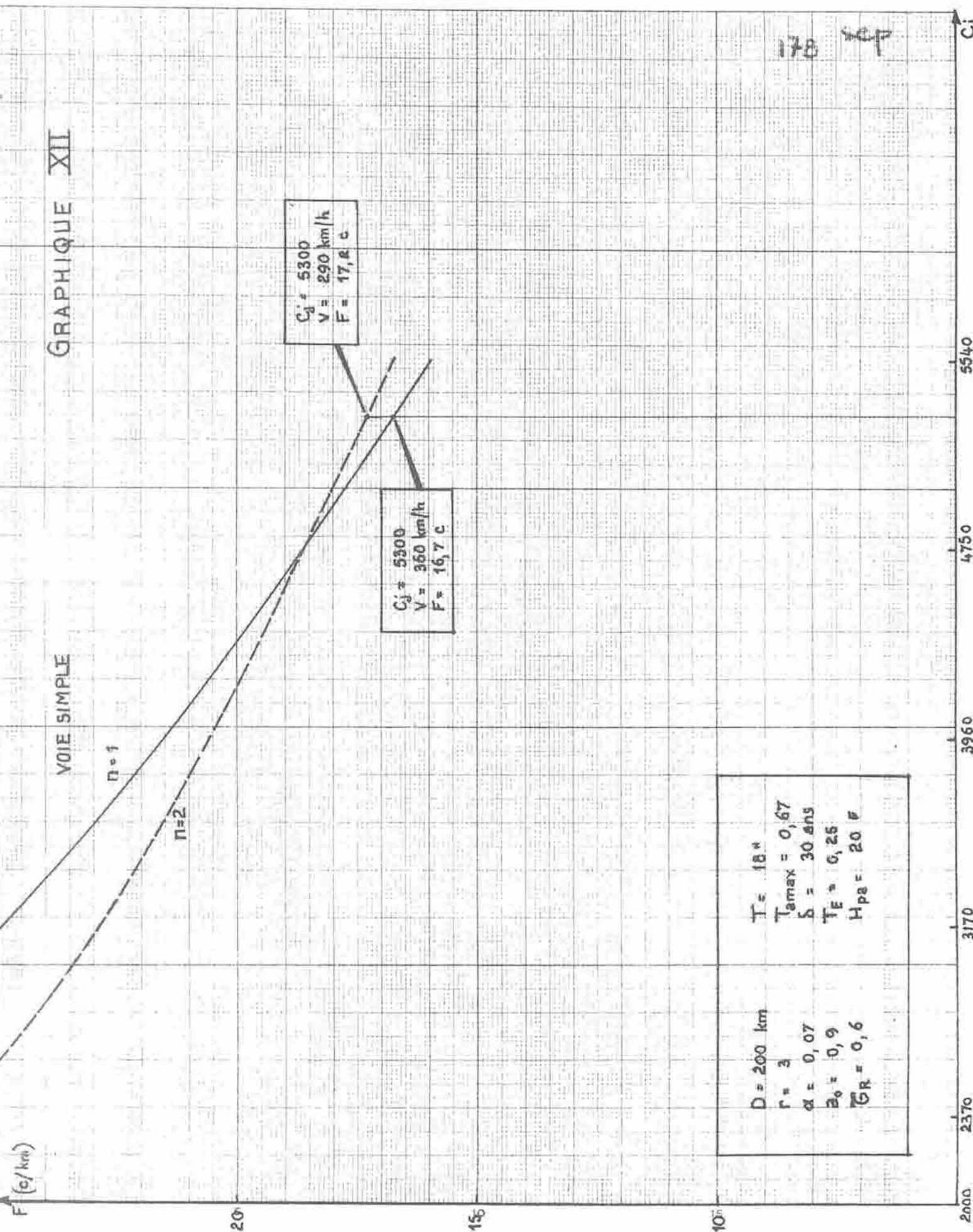
GRAPHIQUE XI



178

GRAPHIQUE XII

178 69



Devant des hypothèses aussi nombreuses, nous avons bien été obligés d'en retenir une acceptable, c'est ce que nous avons fait en prenant $V = 300 \text{ km/h}$ et $C = 17 \text{ c/km}$.

Dans le cadre de ces hypothèses et seulement dans ce cadre là, nous pouvons affirmer que l'aérotrain et le turbotrain seront très concurrentiels en particulier sur la ligne Paris - Le Havre.

En résumé, on peut dire qu'à partir de 1985, le train électrique disparaîtra peu à peu au profit du turbotrain et que dans le même temps, l'aérotrain et le turbotrain prendront de plus en plus d'importance.

Le cas du VTOL est à replacer dans un contexte plus général. En effet la création d'une ligne unique en France de VTOL entre Paris et Caen n'est guère envisageable. Mais par contre si des lignes aériennes de VTOL sont développées en France, une de celles ci pourrait être Paris - Caen.

5.4. - Calcul du coût valorisé de chacun des schémas.

5.4.1. - Principe.

S'agissant d'un schéma de transport public, on a cherché à en saisir l'utilité pour la collectivité. Pour cela nous avons considéré la satisfaction du voyageur empruntant tel ou tel moyen de transport. Le calcul de cette satisfaction est en fait un calcul de coût du temps perdu par le passager pour franchir une certaine distance D ; coût qui vient s'ajouter au coût total de l'exploitant.

$$\text{Nous aurons donc : } F_V = F_T + H_{pa} (T)$$

où : H_{pa} : coût de l'heure perdue
 T : temps total de porte à porte
 F_T : coût de transport payé par l'utilisateur.

5.4.2. - Application.

Considérons par exemple la liaison Caen - Rouen où nous avons en présence 3 moyens de transport : le Bus, le Turbo-train et l'Aéro-train.

a) Voyages professionnels.

88 personnes prennent le Bus, elles ont une valeur du temps comprise entre $0 < h < 4,21$.

48 personnes prennent le Turbo-train $4,21 < h < 4,96$ et enfin

66 personnes dont la valeur du temps est supérieure à 4,96 prennent l'Aéro-train.

Pour calculer le coût total valorisé il faut connaître la valeur moyenne de h de chacun de ces groupes de personnes. Pour cela il suffit d'intégrer le long de la courbe des voyages professionnels, entre les valeurs 0 et 4,21 ; 4,21 et 4,96 ; 4,96 et 50.

Soit $y =$ fonction de l'équation de cette courbe nous aurons

$$h_m = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{b-a}{m} \left[f(a) + f(x_1) + \dots + f(x_{n-1}) \right]$$

Nous avons trouvé respectivement $h_m = 3,1$; $5,2$ et $15,2$.

Finalement le coût total valorisé sur cette liaison pour les voyages professionnels sera de :

$$F_{1V} = 88 \left(15,81 + \frac{3,1 \times 154}{60} \right) + 48 \left(19,60 + \frac{5,2 \times 100}{60} \right) + 666 \left(23,41 + \frac{15,2 \times 54}{60} \right)$$

15,81 ; 19,60 ; et 23,41 étant respectivement le prix du voyage en Bus, TurboTRAIN et AéroTRAIN.

154', 100' et 54' étant respectivement le temps total porte à porte de chacun de ces moyens de transport.

$$F_{1V} = 2091 + 1357 + 24702 = 28150 \text{ F.}$$

b) Voyages personnels

Le calcul est analogue mais pour calculer la valeur du temps moyenne il suffit d'intégrer le long de la courbe des voyages personnels.

Nous obtenons :

$$F_{2V} = 125 \left(15,81 + \frac{2,7 \times 154}{60} \right) + 77 \left(19,60 + \frac{6,5 \times 100}{60} \right) \\ + 167 \left(24,41 + \frac{14,5 \times 64}{60} \right)$$

$$F_{2V} = 2843 + 2343 + 6659 = 11845.$$

Finalement le coût total valorisé de la liaison Rouen - Caen dans le cas de l'Aérotrain A sera de $F_V = 28150 + 11845 = 39.995 \text{ F.}$

Ce qui fait par an :

$$F_V = 39.995 \times 365 = \underline{\underline{14.598.175 \text{ F.}}}$$

5.4.3. - Conclusion.

Après avoir effectué le même calcul pour chaque liaison nous obtenons les résultats suivants :

| Schéma | A | B | Pas Aérotrain |
|-------------|------------------|------------------|------------------|
| Coût par an | 1.274.484.005 F. | 1.208.606.980 F. | 1.380.858.145 F. |

Ces résultats montrent que le schéma 1 (le moins prospectif) a un coût supérieur pour la collectivité aux schémas 2A et 2B ; ils montrent d'autre part que parmi les schémas 2 la variante B est la plus économique.

Il apparaît donc, au vu de ces résultats, que le schéma 2B est le plus favorable et le schéma 1 le plus défavorable. Mais il faut rappeler les hypothèses principales qui sous-tendent ces résultats :

.../...

- le taux d'actualisation est de 7 %.
- on a parié sur la réussite d'un transport terrestre à grande vitesse du type Aérotrain dans les conditions suivantes :
 - le coût est de 17 c/km passager
 - la vitesse est de 300 km/h
 - le bruit est pratiquement nul
 - le terminus a une influence sur l'urbanisation.
- la distribution de la valeur du temps parmi les voyageurs.

Dans ces conditions donc, la solution exprimée par le schéma 2B fait économiser 172.000.000 de francs par an à la collectivité par rapport au schéma 1, soit environ 14 %. Le chiffre donne la mesure du pari à faire avant de mettre en oeuvre un transport terrestre à grande vitesse tel que l'Aérotrain.

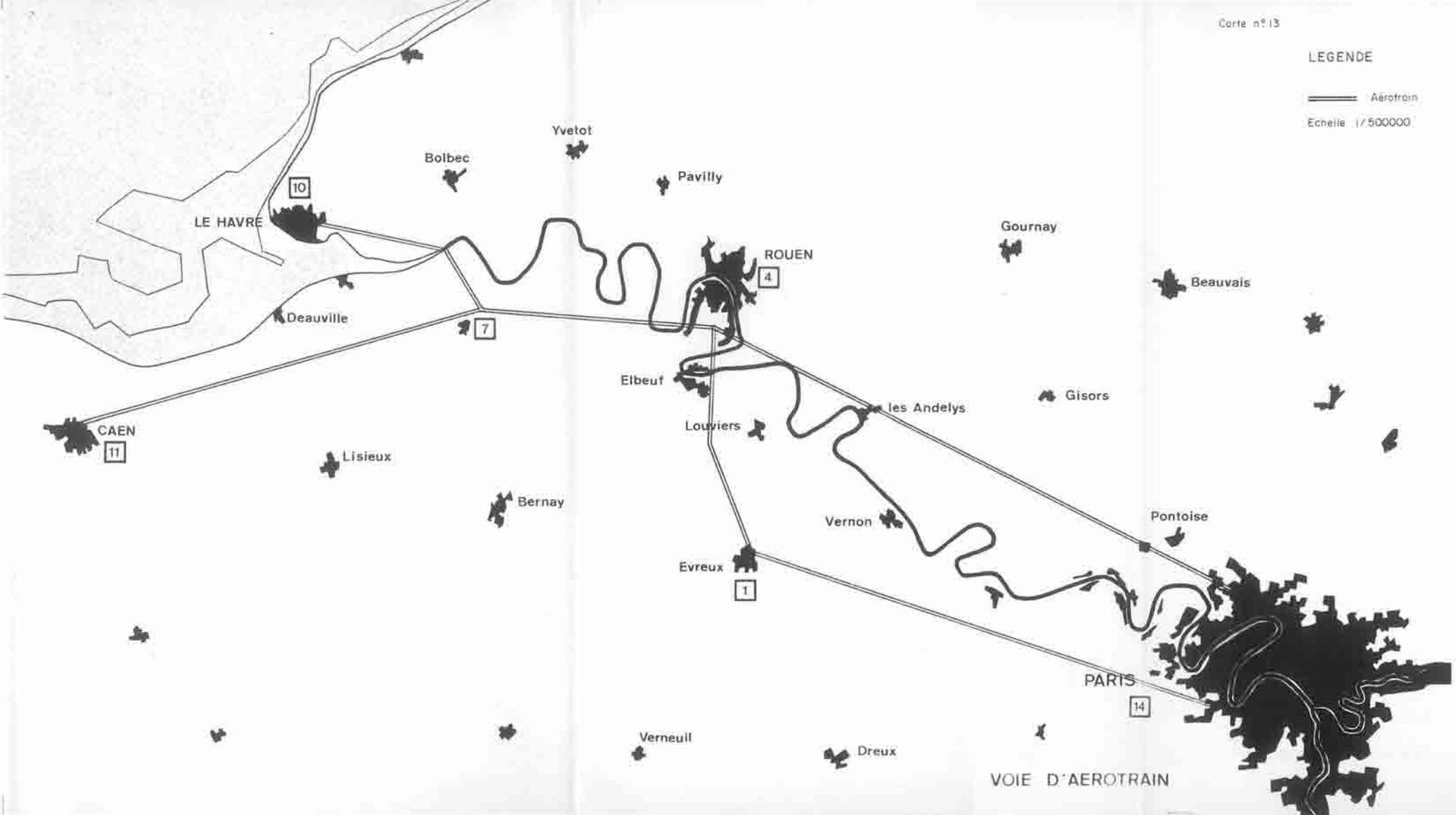
Quoi qu'il en soit, il n'est pas absurde de considérer la présence d'un "Aérotrain" dans la Basse-Seine pour 1985, même s'il n'est pas possible de déterminer plus précisément le tracé éventuel. On remarque seulement que la différence entre les deux tracés (Schéma 2A et Schéma 2B) n'est pas négligeable : 65 millions, soit environ 5 %.

Enfin, il faut rappeler que ces résultats tiennent à une hypothèse fondamentale : celle de la fixité du schéma d'aménagement. On a en effet considéré que la localisation des hommes et des activités était une donnée fixée une fois pour toutes. En réalité, on a associé un schéma de transport à une hypothèse d'aménagement. Dans une optique plus prospective on pourrait envisager de faire varier la localisation des hommes et des activités en fonction des caractéristiques des modes de transport. C'est ce problème qui sera traité dans la seconde phase de cette étude.

LEGENDE

—— Aérotrain

Echelle 1/500000

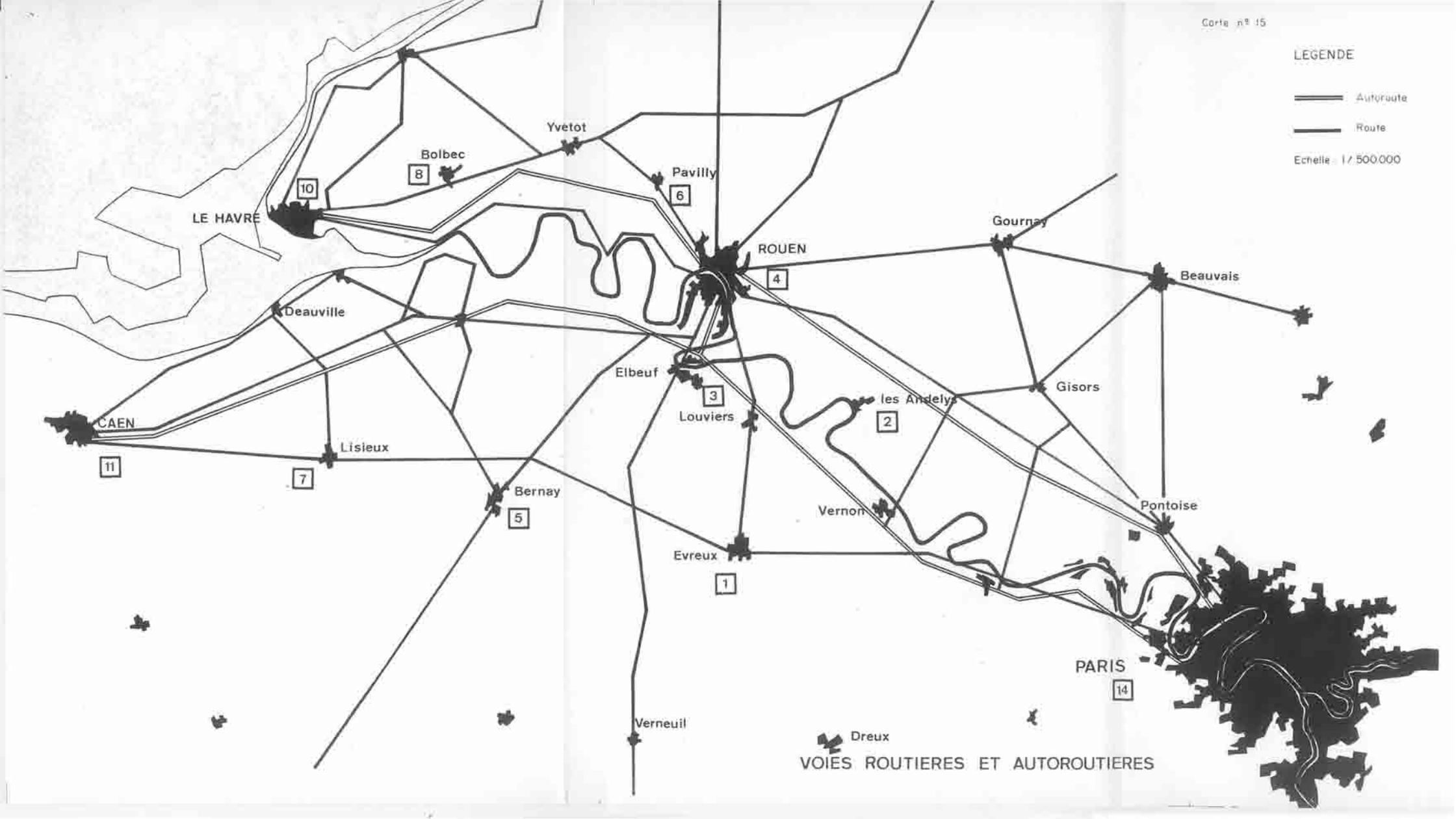


LEGENDE

— Autoroute

— Route

Echelle : 1 / 500 000



LE HAVRE

10

Bolbec

8

Yvetot

Pavilly

6

ROUEN

4

Gournay

Beauvais

Deauville

Elbeuf

3

Louviers

les Andelys

2

Gisors

CAEN

11

Lisieux

7

Bernay

5

Vernon

Pontoise

Evreux

1

PARIS

14

Verneuil

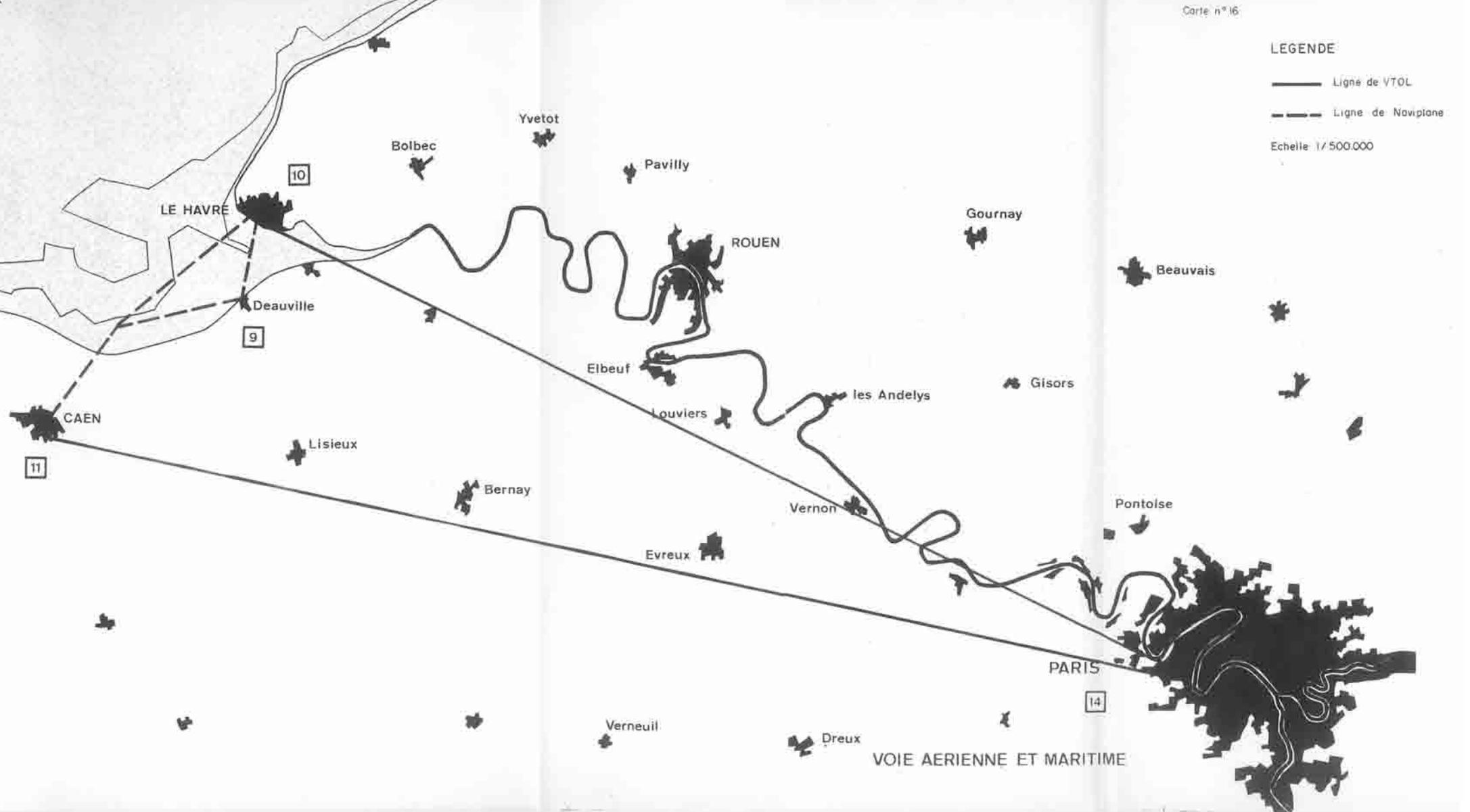
■ Dreux

VOIES ROUTIERES ET AUTOROUTIERES

LEGENDE

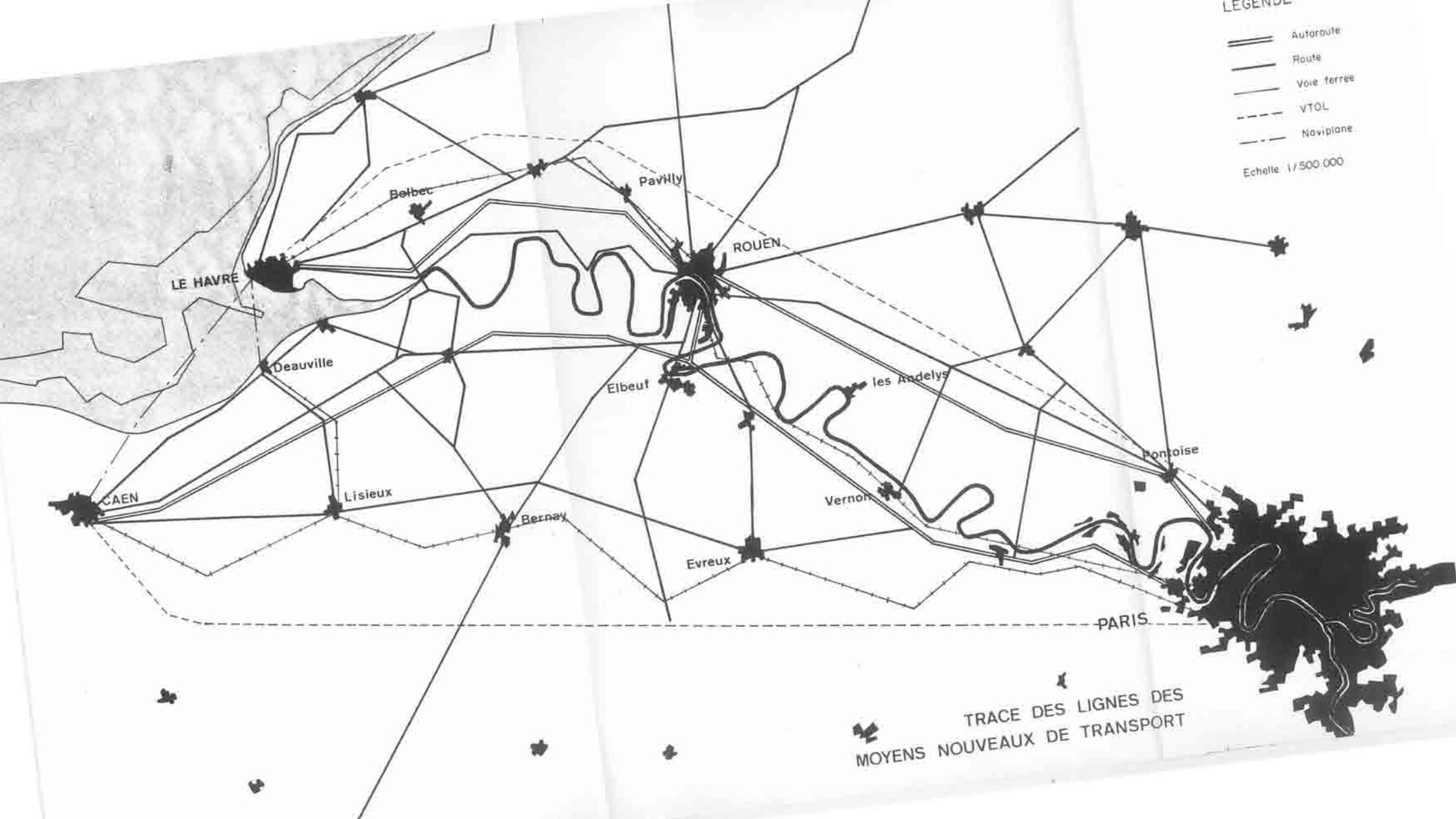
- Ligne de VTOL
- - - Ligne de Naviplane

Echelle 1/500.000



VOIE AERIEENNE ET MARITIME

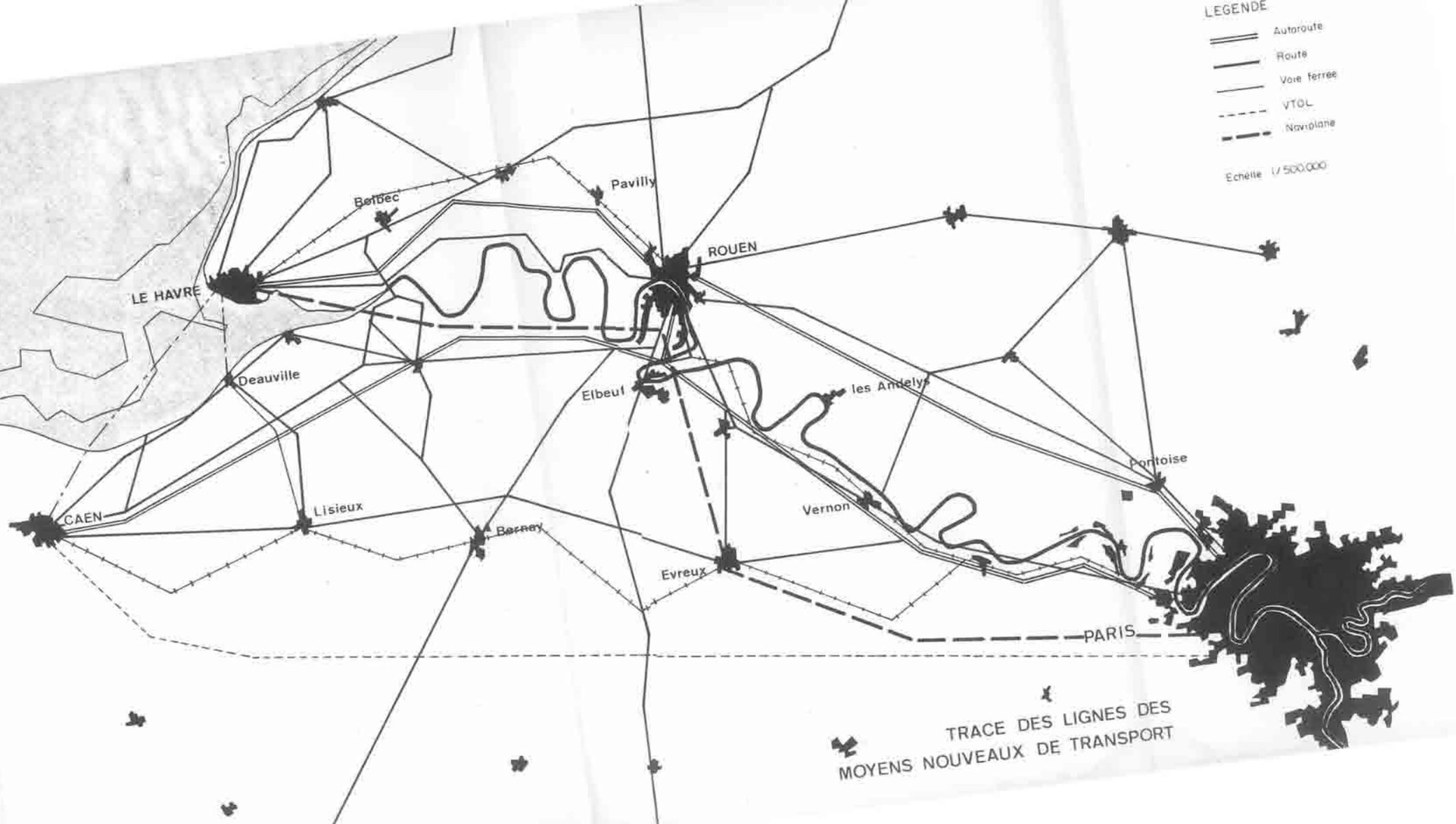
- LEGENDE
- ==== Autoroute
 - Route
 - Voie ferree
 - - - - VTOL
 - - - - Naviplane
- Echelle 1/500 000



TRACE DES LIGNES DES
MOYENS NOUVEAUX DE TRANSPORT

- LEGENDE
-  Autoroute
 -  Route
 -  Voie ferrée
 -  VTOL
 -  Naviroute

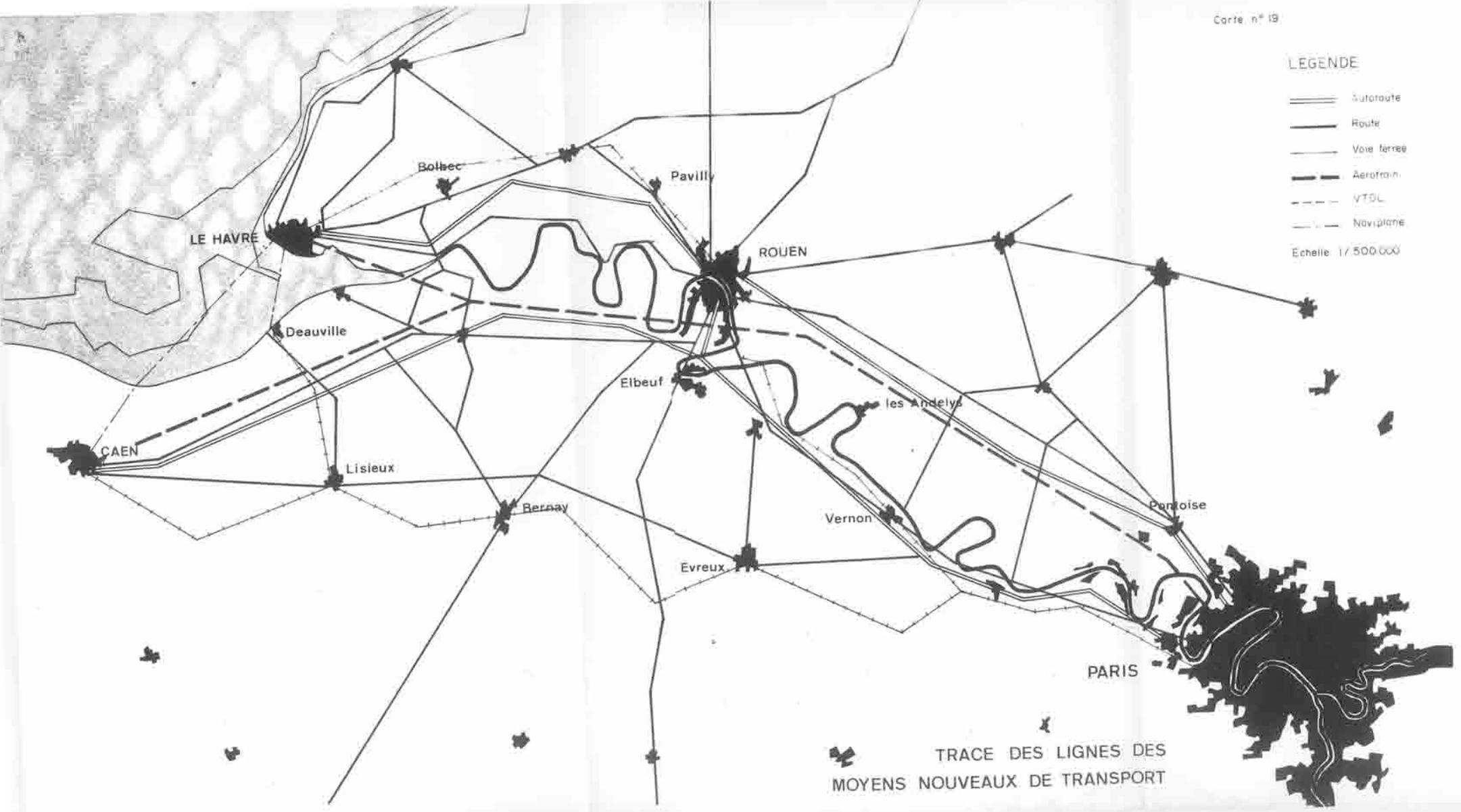
Echelle 1/500,000



TRACE DES LIGNES DES
MOYENS NOUVEAUX DE TRANSPORT

LEGENDE

-  Autoroute
 -  Route
 -  Voie ferrée
 -  Aérotram
 -  VTDL
 -  Naviplane
- Echelle 1/500.000

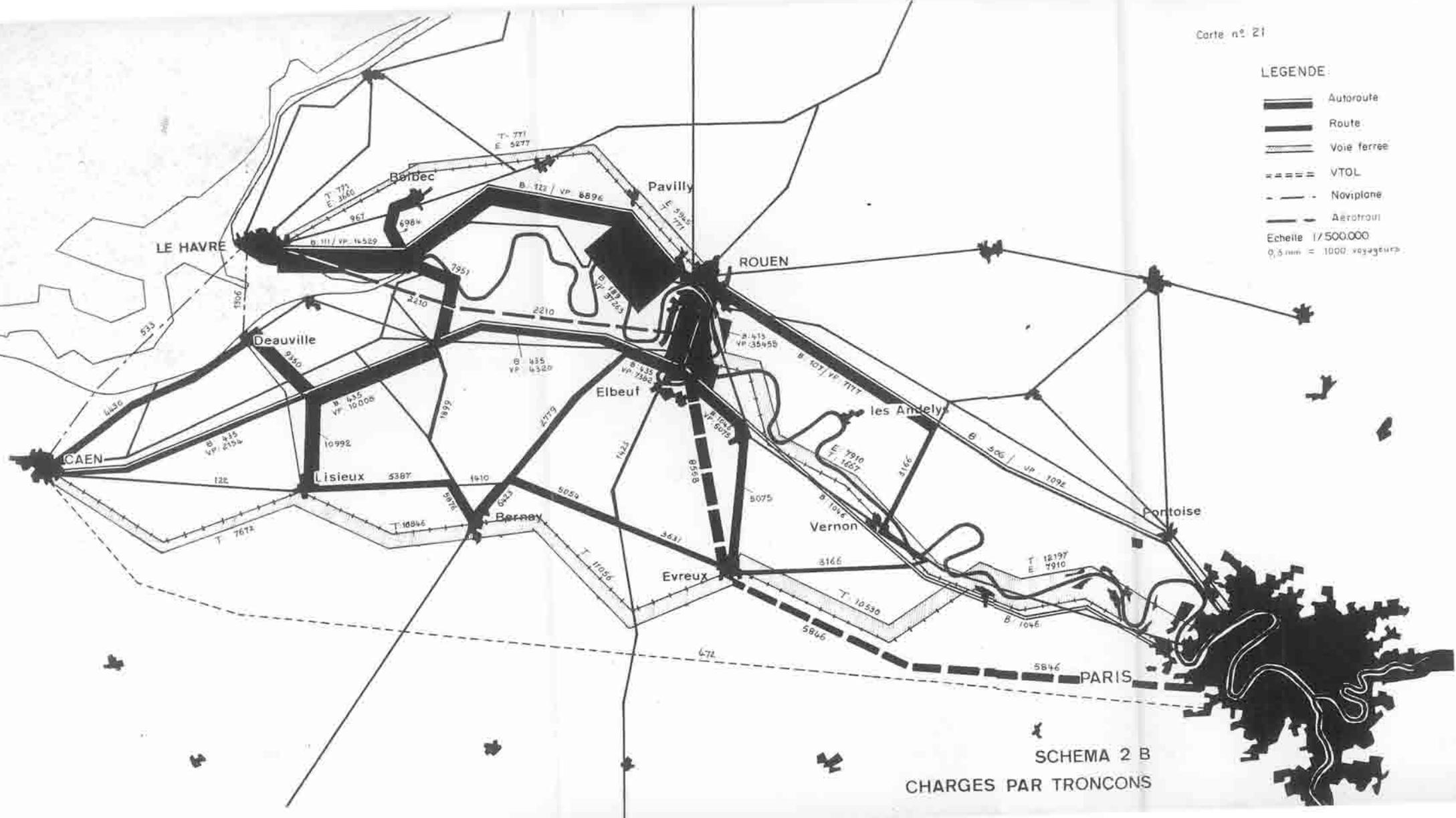


TRACE DES LIGNES DES MOYENS NOUVEAUX DE TRANSPORT

LEGENDE:

-  Autoroute
-  Route
-  Voie ferrée
-  VTOL
-  Naviplane
-  Aéroport

Echelle 1/500.000
0,5 mm = 1000 voyageurs

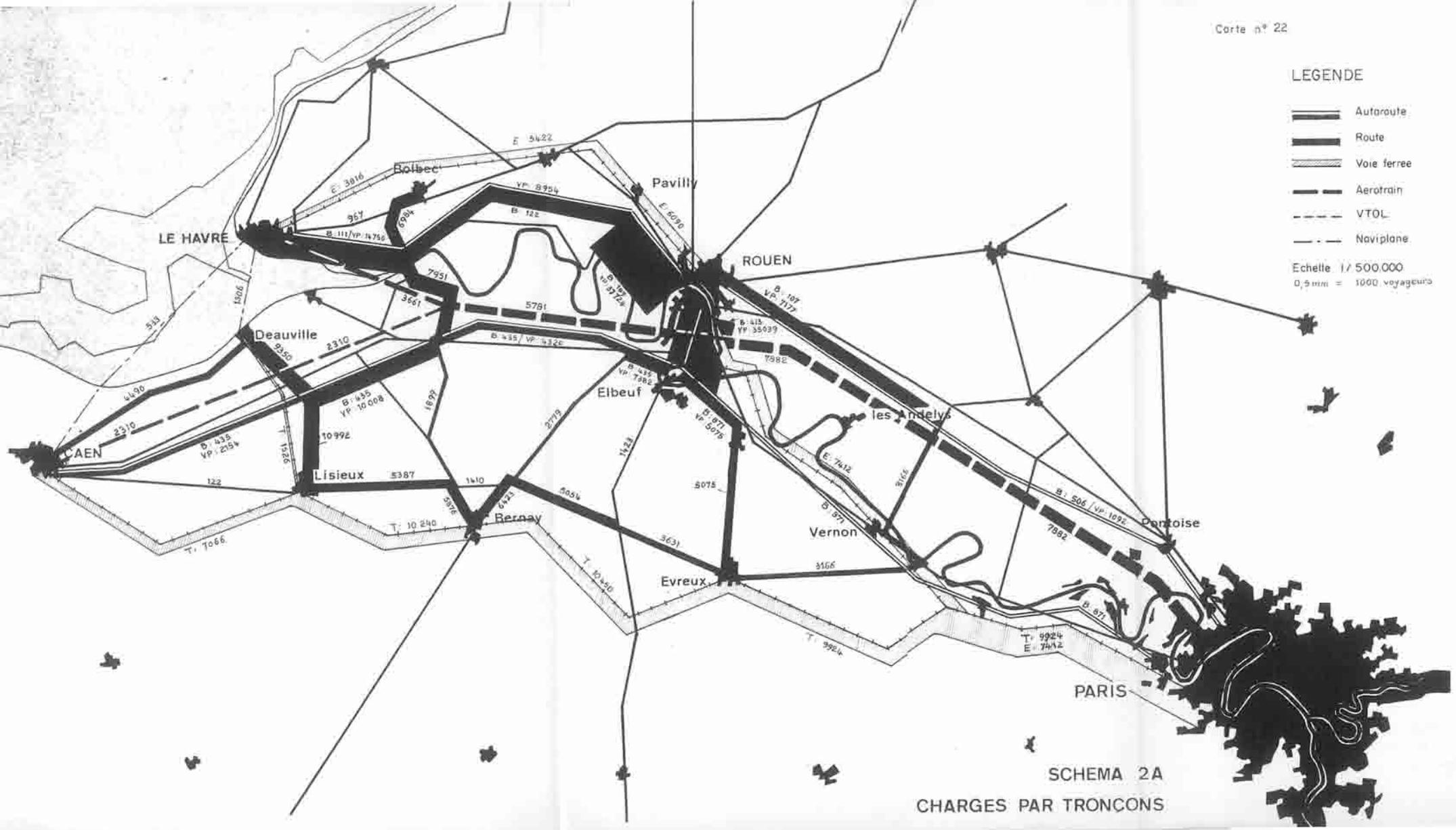


SCHEMA 2 B
CHARGES PAR TRONCONS

LEGENDE

-  Autoroute
-  Route
-  Voie ferree
-  Aerorain
-  VTOL
-  Naviplane

Echelle 1 / 500 000
 0,5 mm = 1000 voyageurs



SCHEMA 2A
 CHARGES PAR TRONCONS