

COMMISSION
DES
COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

Bruxelles, le 20 avril 1972.

Direction Générale
des Affaires Industrielles
Technologiques et Scientifiques

R E S U M E

DE L'ETUDE "INVENTAIRE, BILAN ET PERSPECTIVES
DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT
EN MATIÈRE DE TRANSPORT TERRESTRE ET MARITIME".

Etude réalisée par
la Société d'Etudes Techniques et Economiques (SETEC)
pour le compte de
la Commission des Communautés Européennes

S O M M A I R E

	Pages
PRESENTATION GENERALE	
PREMIERE PARTIE :	
Rôle des pouvoirs publics dans le domaine de la R&D en matière de transport terrestre et maritime	4
Chapitre I : Allemagne	5
Chapitre II : Belgique	7
Chapitre III : France	8
Chapitre IV : Italie	10
Chapitre V : Pays-Bas	11
Chapitre VI : Grande-Bretagne	11
Chapitre VII : Etats-Unis	13
Chapitre VIII : Japon	14
Chapitre IX : Canada	15
Chapitre X : La coopération internationale	16
DEUXIEME PARTIE :	
Inventaire des activités de recherche	21
<u>Titre I</u> : Les techniques élémentaires	
Chapitre I : Le moteur linéaire	22
Chapitre II : Les moteurs moins polluants ou "non polluants"	24
Chapitre III : La sustentation par coussin d'air	27
Chapitre IV : Le système de sustentation magnétique	27
Chapitre V : Les accumulateurs	28
Chapitre VI : La pile à combustible	31
Chapitre VII : Contrôle et régulation pour les systèmes de transport en site propre	35
Chapitre VIII : R&D en matière de contrôle et de régulation de la circulation routière	36
<u>Titre II</u> : Les systèmes de transport terrestre	
<u>Sous-titre 1</u> : Le transport interurbain guidé	39
Chapitre I : Allemagne	40
Chapitre II : Belgique	42
Chapitre III : France	43
Chapitre IV : Italie	45
Chapitre V : Grande-Bretagne	46
Chapitre VI : Japon	48
Chapitre VII : Les véhicules à grande vitesse sur coussin d'air	50
Chapitre VIII : Les véhicules à grande vitesse à sustentation magnétique	55

	Pages
<u>Sous-titre 2</u> : Les systèmes de transport en agglomération urbaine	57
Chapitre I : Systèmes de transport urbain et suburbain collectif guidé	58
1) : Allemagne	58
2) : France	58
3) : Grande-Bretagne	62
4) : Italie	63
5) : Espagne	64
6) : Suisse	65
7) : Etats-Unis	66
8) : Japon	72
Chapitre II : Transports hectométriques et transports continus	73
Chapitre III : Transports autonomes	76
1) : Autobus à la demande	76
2) : Systèmes bi-modes	77
3) : Véhicules urbains électriques	78
<u>Titre III</u> : La recherche et le développement en matière maritime	83
Chapitre I : Les orientations générales de la recherche en matière de transport maritime	84
Chapitre II : Allemagne	85
Chapitre III : Belgique	86
Chapitre IV : France	86
Chapitre V : Italie	88
Chapitre VI : Grande-Bretagne	91
Chapitre VII : Etats-Unis	93
Chapitre VIII : Japon	94
Chapitre IX : R.D. en matière d'hygroptères	96
Chapitre X : R.D. en matière d'aéroglisseurs marins	98
 TROISIEME PARTIE :	
Réflexions générales	100
Chapitre I : Les pouvoirs publics et la recherche en matière de transport	101
Chapitre II : R.D. en matière de transport routier	102
Chapitre III : Transports en commun interurbains à grande vitesse	105
Chapitre IV : Les systèmes de transport en agglomération urbaine	109
Chapitre V : La recherche et le développement dans le domaine du transport maritime	113

PRESENTATION GENERALE

La Commission des Communautés Européennes a confié en 1970, à la Société d' Etudes Techniques et Economiques (SETEC), de Courbevoie (France), l'exécution d'une étude ayant pour objet d'établir l'inventaire, le bilan et les perspectives des activités de recherche et développement en matière de transport terrestre et maritime. Cette étude a été terminée au début de 1972 et sa publication est envisagée au cours des prochains mois. Afin que les milieux intéressés puissent d'ores et déjà connaître les grandes lignes de son contenu, le résumé ci-joint leur est communiqué. (1)

En faisant entreprendre cette étude, la Commission des Communautés Européennes a eu pour objectif de déterminer :

- les agents intéressés (Etat, industrie, universités, collectivités régionales ou locales, organisations internationales...) à la conception, au financement, à l'exécution
- les orientations de recherche existantes ou prévues
- l'importance des efforts de recherche
- les résultats atteints ou probables
- les perspectives d'utilisation
- les insuffisances et obstacles dans les recherches
- les lacunes dans la gamme des recherches.

Le champ géographique de l'étude est celui des Communautés Européennes ainsi que des pays du monde occidental dont l'action est importante dans les domaines visés : Grande-Bretagne, Etats-Unis, Canada et Japon. Toutefois, certaines recherches effectuées dans d'autres pays comme la Suisse, l' Espagne, la Suède ou la Norvège, sont également examinées.

Les domaines de l'étude sont ceux des transports terrestres et maritimes, une autre étude dans le domaine des industries aéronautiques et spatiales ayant déjà été faite au cours de ces dernières années et publiée en 1971 par la Commission (étude réalisée par la SORIS, de Turin).

L'exécution de l'étude a reposé en grande partie sur l'exploitation de la documentation publiée et des réponses faites par les organismes et entreprises à un questionnaire qui leur a été adressé. Des entretiens directs avec un grand nombre d'intéressés ont d'autre part permis de compléter ces informations, et à cet égard, la Commission des Communautés Européennes remercie particulièrement tous ceux qui ont accepté de contribuer au recueil de la documentation nécessaire. Il convient cependant de noter que des difficultés d'information se sont souvent révélées dans les cas de recherches effectuées par de grandes entreprises industrielles.

La structure de l'étude repose sur une analyse de l'action des pouvoirs publics, un recensement analytique des recherches sur les techniques élémentaires et sur les systèmes de transport interurbain, urbain et maritime, et enfin sur une synthèse des principales réflexions qui découlent de l'inventaire.

Les constatations majeures qui ressortent de l'étude peuvent être résumées comme suit :

- l'action des pouvoirs publics est déterminante chaque fois que la prise de risque dépasse la notion de risque commercial normalement

(1) Ce document est en cours de traduction en allemand et en anglais.

supporté par une entreprise. Or il en est ainsi très souvent dans le domaine des transports terrestres ou maritimes, surtout lorsqu'il s'agit de réalisation de prototypes coûteux et d'expérimentations commerciales. Il s'ajoute à cela le caractère des débouchés, la plupart du temps liés à la notion de service public ;

- l'action des pouvoirs publics est très variable d'un pays à l'autre ; sa cohérence est exceptionnelle, mais une tendance récente à une amélioration à ce sujet dans plusieurs pays est décelable ;

- dans aucun pays il n'existe de politique d'ensemble des transports de l'avenir, de telle sorte que des efforts se trouvent encouragés sur des thèmes concurrents dans un même pays, au détriment de l'efficacité de ces efforts ; d'autre part certaines orientations répondant à des besoins considérables se trouvent négligées et d'autres au contraire sont favorisées alors que les applications en sont incertaines ;

- la coopération internationale est rudimentaire alors qu'elle apparaît indispensable pour des raisons multiples : compatibilités entre systèmes, accroissement de l'efficacité des efforts par concentration des moyens, accroissement du marché permettant des séries de fabrications plus longues et un abaissement des coûts ;

- la notion de marché, reposant sur une étude approfondie des besoins ne semble pas avoir présidé au lancement de la plupart des recherches ;

- la phase d'expérimentation commerciale est la plus difficile à mettre sur pied, surtout lorsqu'une infrastructure importante est nécessaire ;

- la spontanéité, le désordre, la concurrence des recherches ont été jusqu'à maintenant, dans une certaine mesure, bénéfiques par la panoplie remarquable des thèmes qu'elles ont produits. Mais le stade où en sont désormais les recherches exige une mise en ordre en vue des utilisations futures ;

- enfin, la comparaison de la situation de l'Europe avec celle des Etats-Unis ou du Japon montre que nous arrivons à un tournant : jusqu'à maintenant, l'Europe détient le capital le plus important en matière de nouvelles techniques de transport terrestre et maritime. Mais les Etats-Unis et le Japon lancent des programmes avec des moyens tels, qu'il est vraisemblable qu'ils atteindront rapidement des résultats comparables à ceux de l'Europe. L'exemple de la pile à combustible, à propos de laquelle les moyens américains n'ont pas donné de résultats plus avancés que les français malgré des effectifs de chercheurs plus de dix fois plus élevés, est un cas spécifique à un problème technologique très particulier. La situation est différente lorsqu'il s'agit de mettre au point des systèmes à partir de techniques en grande partie maîtrisées. L'importance des moyens est alors décisive. Or, Etats-Unis et Japon ont conçu des programmes - notamment en matière de grandes vitesses terrestres - dont non seulement l'envergure est considérable, mais dont l'organisation est prévue jusqu'à l'expérimentation terminale. A moins que les pays européens ne se ressaisissent pour prendre ensemble les mesures appropriées, leur avance risque fort d'être effacée dans quelque temps, et de ne leur avoir rien rapporté ni sur le plan industriel, ni sur celui des utilisations.

Il convient de souligner que la SETTEC porte la responsabilité exclusive de l'étude, et que la diffusion du présent résumé, et ultérieurement de son texte, n'engage pas la Commission des Communautés Européennes vis-à-vis du contenu et des conclusions de ce travail.

En revanche, la Commission examinera et exploitera les résultats de l'étude pour préparer toute action qu'elle estimera nécessaire d'engager au niveau de la Communauté dans le domaine des nouveaux moyens de transport.

PREMIERE PARTIE

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS
DANS LE DOMAINE DE LA RECHERCHE ET DU DEVELOPPEMENT
EN MATIERE DE TRANSPORT TERRESTRE ET MARITIME

CHAPITRE I

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE EN R.F.A.

Bien que les pouvoirs publics puissent agir au niveau de l'Etat fédéral et au niveau des Etats fédérés, tous les programmes de grande ampleur relèvent du gouvernement fédéral. Les transports sont visés à la rubrique "Nouvelles technologies".

I. La coordination est assurée principalement par le Conseil scientifique et par le Ministère Fédéral de l'Education et des Sciences.

1.1. Le Conseil scientifique

Ce Conseil a compétence pour l'ensemble des actions de recherche :

- il élabore et coordonne le plan de promotion scientifique en matière de R.D.
- détermine les programmes prioritaires
- recommande la répartition du Budget de R.et D. entre l'Etat fédéral et les Länder.

1.2. Le Ministère Fédéral de l'Education et des Sciences coordonne l'ensemble des actions de R.D. entreprises à l'instigation des pouvoirs publics fédéraux.

II. Le financement

En matière de transports terrestre et maritime, les crédits sont attribués par deux ministères fédéraux :

2.1. Le ministère des transports

Les préoccupations de ce ministère sont essentiellement économiques et sociales. La participation aux programmes de R.D. se manifeste sous forme de contrats conclus avec :

- les grandes écoles techniques et les institutions universitaires ou privées pour ce qui concerne les aspects techniques et économiques de la recherche ;
- la société H.S.B./HOCHLEISTUNGSSCHNELLBahn dont l'objet concerne plus spécialement la conception d'un nouveau système de transport complémentaire de ceux qui existent (autoroute, chemin de fer, avion) adapté au transport des conteneurs et des voyageurs.

...

...

2.2. Le Ministère de l'Education et des Sciences

Il porte ses efforts en matière de transports sur quatre domaines :

- transport terrestre interurbain à grande vitesse : ce Ministère assume la responsabilité des aspects techniques du projet HSB ;
- transport urbain. Ce programme n'est qu'au stade de l'élaboration ;
- aides électroniques à la circulation et à la sécurité routière ;
- transport maritime : réalisation d'un cargo brise-glace (2,8 millions DM pour 71/72) par le chantier naval A.G. WESER.

III. Conclusion

Par l'importance des moyens mis en oeuvre, notamment la création de HSB., l'Etat fédéral manifeste sa volonté d'affirmer l'importance du rôle qu'il entend jouer en matière de transport et l'importance qu'il confère à l'amélioration des liaisons interurbaines.

CHAPITRE II

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE EN BELGIQUE

I. Coordination et programmation

En Belgique, la coordination et la programmation des efforts publics en matière de R.D. incombent au Premier Ministre. C'est un Ministre délégué qui exerce ces fonctions.

Ce dernier est assisté par les Services de programmation de la politique scientifique. Les services de la programmation :

- préparent chaque année un budget de la politique scientifique ;
 - préparent les réunions du Comité ministériel et de la Commission interministérielle qui sont les organes de décision ;
- et - assurent le Secrétariat du Conseil National de la Politique Scientifique dont le rôle est consultatif.

II. Les organismes de financement

2.1. L'Institut d'encouragement de la recherche scientifique dans l'industrie et l'agriculture (IRSIA)

Cet organisme bénéficie de subventions d'Etat qui lui permettent de participer au financement des programmes de recherche à concurrence de 50 % de leur coût, voire 80 %. Les recherches financées se situent en amont de la réalisation des prototypes.

2.2. Le Ministère des Affaires Economiques et de l'Energie
Ce Ministère dispose d'un fonds spécial d'aide à la construction des prototypes qui vient donc directement compléter le financement pratiqué par l'IRSIA.

2.3. Le Ministère des Communications s'occupe de la circulation routière et subventionne dans ce but le Fonds d'Etudes et de Recherches pour la sécurité routière.

2.4. Le Ministère des Travaux Publics s'intéresse également aux problèmes de circulation.

2.5. Le Ministère de l'Education Nationale

En finançant les recherches conduites par les universités, ce Ministère joue un rôle important, notamment en matière de recherche navale et de sustentation par coussin d'air.

CHAPITRE III

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE EN FRANCE

En matière de transport, le financement public est destiné presque exclusivement au secteur privé à l'exception toutefois des organismes qui s'occupent des problèmes de transport routier.

I. La coordination : la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique

La D.G.R.S.T. a deux fonctions essentielles, l'une de coordination du financement des organismes publics, l'autre de financement des recherches sur un budget propre.

La fonction de coordination s'exerce à deux échelons :

- au sein des Comités Interministériels de la Recherche Scientifique et Technique qui ont pour mission d'analyser l'affectation des crédits budgétaires destinés à la recherche,
- au sein des Tables Rondes chargées de donner au gouvernement leurs avis sur les principales orientations de la politique de la recherche et du développement scientifiques. Parmi ces Tables Rondes, l'une s'occupe exclusivement des transports.

II. Le financement

2.1. La D.G.R.S.T. : la D.G.R.S.T. dispose de deux moyens d'action :

- les contrats de recherche qui sont soit financés sur son budget propre, soit financés sur le budget commun dégagé sur le cadre d'une action concertée ;
- les aides au développement qui, dans le but de favoriser l'esprit d'entreprise, financent une partie des dépenses de recherche de certains industriels.

2.2. Le Ministère des transports

Il agit par l'intermédiaire de trois organes :

2.2.1. L'I.R.T.

- a) attributions : l'I.R.T. a deux attributions :
 - effectuer elle-même un certain nombre d'études
 - passer des contrats d'études avec d'autres organismes dans des secteurs publics ou privés.
- b) programme de l'I.R.T.
 - programme dans le cadre du 6ème Plan
 - . innovation dans les transports urbains
 - . exploitation de la route
 - . prospective des systèmes de transport interurbain
 - . amélioration du contrôle maritime par radar pour accroître la sécurité
 - actions thématiques
 - . économie maritime
 - . véhicule sûr
 - . véhicule non polluant
 - . socio-économie des transports.

2.2.2. Direction des transports terrestres

Cette direction dispose dans le cadre de son budget d'un crédit qui est alloué à la recherche et au développement en matière de mode de transports nouveaux. Une fraction importante de ce fonds est consacrée au développement de l'U.R.B.A. (9 M.F.).

2.2.3. Secrétariat Général à la Marine Marchande

Le S.G.M.M. est doté d'un crédit propre destiné à la recherche mais son montant est très modeste.

2.3. L'Agence Nationale de Valorisation de la Recherche (A.N.-V.A.R.)

2.3.1. Le rôle de l'A.N.V.A.R.

C'est un Etablissement Public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du Ministère de l'Education Nationale. L'A.N.V.A.R. a pour mission de prospecter, sélectionner, protéger, développer les inventions émanant des laboratoires du secteur public, de l'université, d'entreprises privées ou d'inventeurs indépendants. L'A.N.V.A.R. n'est pas autorisée à effectuer elle-même ses propres recherches mais exploite les inventions qu'elle prend en charge.

2.3.2. Moyens

Lors de sa création, l'A.N.V.A.R. a hérité du portefeuille de brevets du CNRS et a reçu une dotation en capital de 12 millions de F.

- l'A.N.V.A.R. a passé des conventions avec différents laboratoires du secteur public. Ces conventions portent sur une prise en charge totale ou partielle des inventions du laboratoire considéré ;
- l'A.N.V.A.R. n'est pas autorisée à emprunter, elle doit :
 - a) soit faire appel à ses fonds propres
 - b) soit affecter des fonds émanant d'autres organismes
 - c) soit réaliser des consortiums avec des banques
 - d) soit passer des accords avec les sociétés privées.
- l'A.N.V.A.R. perçoit en outre 60 % des redevances rapportées par les brevets.

2.3.3. Projets dans le domaine des transports

L'A.N.V.A.R. s'intéresse à 4 projets dans le domaine des transports

- petits véhicules programmés
- distribution automatique de véhicules stockés
- minitube Barbara
- projet TRANS 18.

2.4. L'Institut pour le développement industriel (IDI)

Cet Institut n'a pas de rôle direct dans la recherche. Mais dans la mesure où il contribue au financement du développement industriel d'une recherche, il n'est pas inutile de le mentionner puisqu'il apparaît de ce point de vue comme un stimulant de la recherche. Il a, par exemple, participé au financement de la fabrication de la "Voiture électronique" des pièces JARRET.

CHAPITRE IV

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE EN ITALIE

En Italie, le rôle de l'Etat en matière de R.D. dans le domaine de transports maritimes et terrestres n'est pas très important.

I. La coordination

Le Conseil National de la Recherche : il définit les programmes de recherche et recommande l'attribution de subventions aux Ministères intéressés (Transports, Aviation Civile, Marine Marchande). Ce Conseil National est assisté de comités spécialisés, notamment en matière de transports terrestres (4 Commissions) et de transports maritimes (2 Commissions).

II. Les organes de recherche

2.1. Les organismes sous l'égide du Conseil National de la Recherche

Dans le cas où certains problèmes importants ne sont pas traités dans les Universités ou dans l'industrie, le CNR a créé des organismes de recherche pour les étudier :

- laboratoire sur les systèmes de transports intégrés (Padoue)
- laboratoire pour l'automatisation des navires (Gênes)
- laboratoire pour l'étude de la dynamique des grandes masses (Venise)

2.2. Les centres de recherche du Ministère des transports

Ces centres ont généralement un objet très limité (étude sur la ceinture de sécurité) et l'éparpillement des efforts réduit d'autant leur efficacité. Toutefois, il vient d'être créé un centre important destiné à étudier les problèmes de la sécurité routière.

2.3. Le centre de recherche des transports urbains et métropolitains

Le C.E.R.T.U.M. par sa vocation pluridisciplinaire sert d'organisme de liaison entre les différentes administrations intéressées par le transport urbain.

III. Le financement public de la recherche

Ce financement est destiné aux universités et aux grandes écoles ; il n'est que très rarement destiné au secteur privé.

Il provient du CNR, des Ministères, de l'Institut Mobilier Italien (I.M.I.).

*

* *

Le volume des dépenses publiques en 1970 pour la recherche en matière de transport terrestre et maritime était de 660 millions de lires. Ce volume est dix fois inférieur à celui de la France. Cependant dans le secteur maritime les dépenses sont relativement élevées et sont, par exemple, du même ordre que celles des pouvoirs publics dans ce secteur en France.

...

CHAPITRE V

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE AUX PAYS-BAS

L'Etat néerlandais joue un rôle mineur en matière de R.D. dans le domaine des transports.

I. La coordination

Le Comité interdépartemental de la politique scientifique, organisme interministériel, assure une certaine cohérence des programmes de recherche des différents ministères.

II. Les organes de financement

2.1. Le conseil de la politique scientifique

Il émet un avis sur les orientations des crédits publics destinés à la recherche et contrôle leur utilisation.

2.2. Le Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (T.N.O.)

Bien que le T.N.O soit une association privée à but non lucratif, il semble qu'il puisse figurer au nombre des organismes de financement public dans la mesure où ses ressources proviennent pour les 2/3 de fonds publics, le 1/3 restant provenant de l'industrie.

III. Les organes de recherche - le T.N.O.

3.1. Fonctions du T.N.O.

Si les pouvoirs publics aux Pays-Bas ne semblent pas jouer un rôle important en matière de recherche, il convient toutefois de signaler qu'un organisme tel que le T.N.O. constitue un cadre efficace pour le développement coordonné d'actions de recherche, bien qu'en matière de transport ses activités ne soient que très limitées.

Cette organisation se caractérise par sa pluridisciplinarité qui se manifeste à plusieurs niveaux : elle effectue des recherches tant civiles que militaires, tant fondamentales qu'appliquées. Le T.N.O. a été créé afin de favoriser les petites entreprises incapables de financer par elles-mêmes une action de recherche.

3.2. Programme en matière de transport

Ce programme couvre 4 domaines :

- a) la construction navale
- b) la sécurité routière et les véhicules non polluants
- c) la turbine à gaz
- d) le coussin d'air

Son exécution est assurée par un crédit de 1,3 million de florins.

CHAPITRE VI

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE EN GRANDE-BRETAGNE

Les pouvoirs publics en Grande-Bretagne agissent dans le domaine de la recherche à 3 niveaux différents : au niveau de la coordination, au niveau du financement de la recherche et au niveau de l'exécution de la recherche.

I. La coordination

Elle est essentiellement exercée par le Ministère de l'Environnement et par le Ministère du Commerce et de l'Industrie.

II. Les organismes propres de financement

2.1. Le Ministère de l'environnement

De ce ministère dépendent le ROAD RESEARCH LABORATORY et le TRANSPORT RESEARCH ASSESSMENT GROUP (T.R.A.G.), qui exercent leurs activités dans le domaine de la recherche en matière de transport terrestre.

D'autre part, ce ministère participe au financement de la plupart des programmes de recherche en matière de nouveaux moyens de transports terrestres.

2.2. Le Ministère du Commerce et de l'Industrie

Ce Ministère contribue aux efforts de recherche sur deux plans :

- au moyen d'organismes publics sous tutelle :

dans le domaine des transports 3 organismes publics dépendent de ce Ministère : le National Physical Laboratory (N.P.L.), la National Research Development Corporation (N.R.D.C.) et le Transport Research Association Group (T.R.A.G.)

- au moyen de subventions accordées aux associations de recherche :

ces associations sont au nombre de 47 et recouvrent l'ensemble des activités industrielles. Elles jouent un rôle de premier plan en Grande-Bretagne. Il en existe une pour la recherche en matière de transport maritime et une pour la recherche en matière de moteurs.

2.3. La National Research Development Corporation

La N.R.D.C. est un organisme public indépendant. Ses moyens d'action sont de trois ordres :

- financement de la recherche
- achat de sociétés de recherche : dans le domaine des transports elle possède la totalité des actions de Tracked Hovercraft Ltd et de Hovercraft Development Ltd. Dans d'autres cas, elle ne possède qu'une fraction du capital, par ex : Energy Conversion Ltd (pile à combustible).
- achat ou vente de brevets.

La N.R.D.C. ne reçoit pas de subventions, mais uniquement des prêts qui lui sont consentis par le Ministère du Commerce et de l'Industrie.

III. Les organismes mixtes de recherche et de financement

3.1. Le Road Research Laboratory

Il est composé de plusieurs divisions, dont une s'occupe particulièrement des aspects technologiques du transport : la Division "Trafic et Transport". Cette division regroupe 30 % de l'effectif global du R.R.L. Le budget annuel du R.R.L. se monte à 4,3 millions de £.

3.2. Le Transport Research Assessment Group (T.R.A.G.)

Il assume la direction et la coordination du programme de certains systèmes de transport terrestre et aérien. Notamment, le système cabtrack, un autobus bimodal, le speedaway, le coussin d'air, le moteur linéaire.

IV. Les organismes de recherche

4.1. Le National Physical Laboratory

Deux divisions sont orientées vers le transport : la Ship Division et la Hovercraft Unit. Son budget annuel est de 1 million de £.

4.2. Les universités

Les universités jouent un rôle important en Grande-Bretagne : sur les 2.200 inventions communiquées à la N.R.D.C., 400 sont prises en charge par la N.R.D.C. dont 200 proviennent des universités. Les recherches entreprises par l'université sont financées par le gouvernement, généralement sur proposition et pour le compte d'un organisme de recherche.

CHAPITRE VII

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE AUX ETATS-UNIS

En matière de transport terrestre, le Department of Transportation (DOT) regroupe toutes les administrations fédérales qui interviennent dans la recherche et le développement, tant en matière de transport interurbain que de transport urbain.

En matière de transport maritime, il s'est opéré un clivage entre les affaires militaires et les affaires civiles, entraînant une répartition des compétences entre les administrations de la marine et l'US Navy.

Le rôle de l'Etat fédéral se limite au financement des actions de R.D. En effet, l'Etat fédéral ne dispose pas d'organisme public de recherche.

Par contre, de nombreux Etats fédéraux disposent d'agences publiques de recherche qui recueillent une partie des subventions fédérales.

I. Les organismes fédéraux

1.1. En matière de transport terrestre

Le DOT dispose de 2 organismes distincts qui sont le Federal Railroad Administration et l'Urban Mass Transportation Administration.

- Le Federal Railroad Administration a pour domaine d'activité tout ce qui concerne les transports interurbains. Il a créé un office spécial pour les nouveaux moyens de transport terrestre : l'Office of High Speed Ground Transportation (OHSGT). Cet office dispose d'un centre extrêmement important à Pueblo qui expérimente toutes les techniques nouvelles de transport et procède à leur évaluation. Le Budget de l'Office a été de 13,8 millions de \$ en 1970. Il a connu une progression de 20 % par an depuis 1968.

...

- L'Urban Mass Transportation Administration exerce une fonction de coordination et de financement de la recherche dans le domaine du transport urbain. Elle prend en charge les 2/3 des dépenses engagées pour l'exécution de tous les programmes, le reste étant à la charge du contractant. Elle subvient aux difficultés financières et techniques de l'exploitation du transport en procédant à la modernisation du matériel.

Alors que le budget de l'UMTA n'était en 1970 que de 161 millions de \$, il est prévu une progression annuelle de l'ordre de 35 % qui l'amènera à environ 1 milliard de \$ en 1975.

1.2. En matière de recherche maritime

L'administration compétente est l'administration maritime du Department of Commerce qui agit dans le domaine de la recherche maritime à 2 niveaux :

- le financement des recherches entreprises par le secteur privé ;

- l'exécution de recherches par ses propres services : Office of Research and Development. Cependant dans certains domaines privilégiés, étant donné l'ampleur qu'on a voulu attribuer aux programmes, des offices spéciaux ont été créés. Ce sont le Joint Surface Effect Ship Programm Office (JSESPO) pour les aéroglisseurs marins et l'Office of Nuclear Programs pour le navire à propulsion nucléaire.

II. Les Agences locales de transport : Organismes publics destinés à étudier les problèmes locaux de transport sont, suivant les cas, des organismes permanents ou "ad hoc". Leurs recherches ne sont cependant pas isolées dans la mesure où d'une part les agences locales collaborent entre elles et où, d'autre part, elles ont recours à l'aide financière de l'Etat fédéral.

CHAPITRE VIII

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE AU JAPON

I. La coordination des recherches est assurée par la Commission des techniques de transport. Cette Commission élabore un plan qui est exécuté par différents centres de recherches.

II. L'exécution des recherches

- en matière de transport ferroviaire : les J N R sont assistés en vue de la réalisation de leur programme de R. et D. par le Railways Technical Research Institute qui dispose d'un budget d'environ 40 MF.

- en matière de transport maritime : le Ministère des Transports a réparti ses différents travaux entre 3 centres :

- le centre de recherche pour les techniques des navires (1105 millions de yens)
- le centre de recherche pour le contrôle des navires (206 millions de yens)
- le centre de recherches techniques pour les ports (560 millions de yens)

...

Cependant les recherches les plus importantes sont menées par les grands chantiers navals.

- . l'Agence pour le développement de la propulsion nucléaire a été créée en 1963.
- en matière de transport routier : en juillet 1970 on a fondé le Centre d'Etudes pour la Sécurité routière et contre les Nuisances qui entreprend des recherches fondamentales pour prévenir les accidents de la route et les nuisances.

CHAPITRE IX

ROLE DES POUVOIRS PUBLICS DANS LA RECHERCHE AU CANADA

Il semble que depuis quelques années les pouvoirs publics soient déterminés à accroître l'effort dans ce domaine par 3 sortes d'actions : un accroissement des dépenses publiques, un effort de coordination, une collaboration avec les Etats-Unis.

I. Le Ministère des Transports

Le Ministère des Transports, à la suite de l'importance croissante attribuée à la recherche, a présidé à la création de 2 organismes pour épauler la Commission des Transports Canadiens. L'un est d'ordre purement public, l'autre créé en collaboration avec les industries privées concernées.

1.1. L'Agence pour le développement des transports

Organisme public chargé d'élaborer les programmes de recherche et de développement et d'en assurer l'exécution ou le contrôle si celles-ci sont confiées à des établissements extérieurs.

Les études actuellement en cours portent sur les transports urbains, interurbains, et sur le véhicule marin sur coussin d'air.

1.2. L'Institut des transports terrestres guidés

Cet Institut a été créé à l'initiative du Ministère des Transports avec la collaboration du Canadian National Railways et du Canadian Pacific Railways.

1.3. La coopération avec les Etats-Unis

Le Ministère des Transports Canadiens et le DOT américain procèdent à une concertation sur quelques domaines particuliers, notamment le turbo-train.

II. Le National Research Council of Canada

C'est un organisme public qui effectue des travaux de recherche technique et finance certaines études.

III. Les organismes publics de financement

Ce sont : le Ministère des Transports, le National Research Council et le Ministère du Commerce et de l'Industrie qui attribuent leurs fonds, aussi bien au secteur public qu'au secteur privé. Le budget global de R.D. a été de 4 millions de \$ pour l'année fiscale 1971-1972.

CHAPITRE X

LA COOPERATION INTERNATIONALE EN MATIERE DE RECHERCHE ET
DE DEVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE DES TRANSPORTS
TERRESTRES ET MARITIMES

La coopération internationale peut se réaliser sous deux formes différentes : soit par des accords au niveau des entreprises, soit par des accords intérestatiques (cadre multilatéral ou bilatéral).

I. Les accords entre entreprises

Ces accords peuvent prendre les formes les plus diverses : filiale commune, contrat d'études, acquisition de brevets et licences. Il semble que les accords entre entreprises soient la solution la plus souhaitable pour épargner les finances des Etats. Ces accords sont également souhaitables dans la mesure où ils permettent un accroissement des moyens et une organisation mieux adaptée que celle des pouvoirs publics.

Il convient toutefois de remarquer que ce genre d'accord est exceptionnel et qu'il ne met généralement en oeuvre que des moyens modestes. Il apparaît ainsi que les accords entre entreprises doivent être encouragés de telle sorte qu'ils permettent un accroissement de moyens et une organisation mieux adaptée et plus efficace que celle qui dépend des pouvoirs publics ; mais il devrait appartenir aux pouvoirs publics, et particulièrement à un niveau international, de créer des conditions favorables dans ce sens tout en veillant à ce que soient évitées, dès le stade du développement sinon celui de la recherche, des situations figées par les intérêts nationaux au détriment de la meilleure sélection technique.

II. Les organisations internationales

2.1 Organisations inter-gouvernementales mondiales

- dans le cadre des Nations-Unies : la Commission Economique des Nations-Unies pour l' Europe comprend un comité spécialement chargé des questions de signalisation routière et des équipements du véhicule. Ses activités consistent essentiellement en échanges d'informations entre les experts nationaux.

- l' O.C.D.E. : de nombreuses études ont été réalisées à l' O.C.D.E. sur la circulation routière et les nuisances. L' O.C.D.E. a eu aussi pour principale préoccupation la sécurité routière. Par ailleurs, l' O.C.D.E. a fait de nombreux travaux de documentation sur les activités de recherche et développement touchant le domaine des transports dans les divers pays membres, tant du point de vue économique que du point de vue technique. Ces activités étaient d'abord placées sous le contrôle du groupe consultatif de la recherche dans les transports qui a été supprimé récemment dans le cadre d'une réorganisation orientée vers les problèmes d'environnement.

- l' O.T.A.N. a cherché à diversifier ses activités dans le domaine civil en abordant des problèmes d'environnement et d'océanographie. Le Comité sur les défis de la société moderne a ainsi vu le jour et a lancé une action en faveur de la sécurité routière. Un comité a notamment été créé pour l'étude d'un véhicule expérimental de sécurité. Entrepris à la demande des Etats-Unis, ce sous-projet doit aboutir à des recommandations qui pourront se traduire dans les pays intéressés par des réglementations auxquelles seront soumis, bon gré mal gré, les constructeurs. Les Etats-

Unis avaient demandé aux Européens, dans ce cadre, d'entreprendre des recherches pour un véhicule de sécurité d'une tonne, tandis qu'eux-mêmes travailleraient à un prototype de deux tonnes. Comme suite à cette proposition des accords bilatéraux ont été conclus par lesquels les contractants s'engagent à échanger des informations techniques sur les véhicules qu'ils développeront chacun de leur côté. Parallèlement, l'Allemagne, la France, l'Italie, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, et la Suède ont constitué un "Comité intergouvernemental européen sur le véhicule expérimental de sécurité" (appelé "Club de Londres"), afin d'échanger des informations sur leurs programmes de recherche et de mise au point et arriver ainsi à une coordination de fait. Le C.S.D.M. a d'autre part inscrit au nombre de ses préoccupations la lutte contre la pollution atmosphérique.

2.2. Institutions et organisations européennes

La Conférence européenne des ministres des transports (CEMT) créée le 17 octobre 1953, comprend 18 pays européens et, à titre de membres associés, les Etats-Unis et le Canada. Son action s'exerce d'abord par un rôle d'échange d'informations entre administrations nationales sur les expériences réalisées et sur les orientations retenues. Elle a porté également sur des aspects qui intéressent indirectement l'innovation comme par exemple, dans le secteur des chemins de fer, la standardisation du matériel roulant et la création de la Société EUROFIMA qui a pour objet le financement du matériel ferroviaire standardisé.

Le Conseil de l'Europe n'a pas véritablement de groupe de travail dont les préoccupations soient dirigées vers les problèmes de transport ; toutefois, signalons que certains colloques ont été organisés portant sur des sujets, tels que la pollution de l'air due aux véhicules automobiles, ou encore la sécurité du véhicule automobile. Signalons également certaines initiatives de l'Assemblée Consultative comme celle du 22 janvier 1971 préconisant une ligne d'aérotrain Bruxelles - Luxembourg - Strasbourg - Genève.

La C. C. E.

a) L'EURATOM - Dès 1961 l'EURATOM, Commission de la Communauté Européenne de l'Énergie Atomique, avait entrepris des actions de recherche en matière de propulsion navale nucléaire. Divers contrats d'association avaient été passés avec les sociétés spécialisées de divers pays :

- Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt m.b.H. (Allemagne)
- Reactor Centrum Neederland (Pays-Bas)
- Fiat-Ansaldo (Italie).

Outre sa contribution aux contrats d'association concernant les réacteurs marins étudiés respectivement par le RCN et par les sociétés Fiat et Ansaldo, la Commission a participé pour un montant de 4 Muc à la réalisation et à l'expérimentation du réacteur de l'OTTO-HAHN. Mais le contrat avec la G.K.S.S. qui avait commandé le navire "OTTO-HAHN" n'a pas été prolongé au-delà de 1968 par suite des divergences de vue en ce qui concerne la politique future de l'EURATOM qui ont empêché les pays membres de la Communauté de définir un nouveau programme pluriannuel de recherche et de développement. Il faut rappeler que déjà, lors de l'exécution de son deuxième programme quinquennal (1963-1967) l'EURATOM a connu des difficultés budgétaires qui l'ont amenée à réduire les efforts qu'elle pouvait consacrer aux actions "propulsion navale". La participation communautaire à la réalisation de l'OTTO-HAHN a donc été plus faible que prévu.

En matière de propulsion navale nucléaire, l'EURATOM aura contribué aux divers programmes pour un montant de 12 M.u.c.

Les activités actuelles en cours dans la Communauté sont menées à l'extérieur de l'EURATOM principalement par la G.K.S.S. et divers établissements ou firmes européens (cf. Deuxième partie, Section C, Chapitre 2, sur la recherche maritime en Allemagne).

b) le groupe Maréchal : par une décision de 1967, le Conseil a créé un groupe de travail de la recherche scientifique et technique, le groupe PREST (ou "groupe Maréchal" du nom de son Président). Ce groupe devait définir les actions de recherche qui pourraient être conduites en commun au sein de la Communauté dans 7 domaines dont celui des nouveaux moyens de transport. Les travaux durent cependant être interrompus à la suite de difficultés politiques.

c) le groupe Aigrain : les difficultés politiques s'étant estompées, le groupe Aigrain prit la succession du groupe Maréchal et déposa un rapport proposant 5 actions à entreprendre dans le domaine des nouveaux moyens de transport :

- action 30 (1) : dispositifs d'aides électroniques à la circulation sur les grands axes routiers et, en particulier, sur les sections courantes d'autoroutes,
- action 31 : étude de la technologie de sustentation électro-magnétique pour des moyens de transport guidés,
- action 32 : études sur la faisabilité, l'intérêt économique et le coût de développement d'un aéroglisseur marin de l'ordre de 2000 t.,
- action 33 : étude prospective des besoins de transport de voyageurs entre grandes agglomérations européennes en fonction des techniques nouvelles susceptibles d'être offertes.
- action 34 : recherche-développement pour la mise au point de deux prototypes de motrices ferroviaires propulsées par turbine à gaz à circuit fermé (hélium).

En Avril 1969 ce rapport fut envoyé au Conseil des Communautés Européennes avec les rapports des six autres groupes de travail consacrés aux autres domaines dans lesquels était recherchée une coopération. Mais le 30 Juin 1969 le Conseil décidait de transmettre l'ensemble de ces propositions aux pays candidats à l'adhésion ainsi qu'à quelques autres pays européens, invoquant le prétexte qu'en matière scientifique et technique il valait mieux agir à une échelle européenne incluant la Grande-Bretagne. Dans le domaine des nouveaux moyens de transport, ce furent finalement trois actions qui furent proposées aux pays tiers, les actions 30, 32 et 33.

d) le groupe COST : A la suite d'une longue procédure de transmission aux pays tiers européens, de réponse de ces derniers et de préparation des travaux, une première phase d'examen des actions démarra début avril 1970 et se termina le 15 Juin suivant par le dépôt d'un nouveau rapport concluant à la nécessité d'engager une deuxième phase de travaux pour approfondir, définir, préciser les propositions d'action et en évaluer le coût, la durée et les modalités d'exécution.

(1) Chaque groupe spécialisé est affecté d'un numéro (1 pour l'Informatique, 2 pour les Télécommunications, 3 pour les nouveaux moyens de transport ...) ce qui explique la numérotation des actions.

Pour les nouveaux moyens de transport un groupe d'experts réunissant 19 pays, s'attaqua à ce travail, sous le contrôle d'un Comité de Hauts Fonctionnaires. Une conférence des Ministres de la Recherche Scientifique et Technique de ces 19 pays s'est réuni à Bruxelles les 22 et 23 novembre 1971, pour prendre des décisions sur le premier train de propositions devenues opérationnelles. Pour les transports, seule l'action 33 a figuré parmi ces propositions ; elle a fait l'objet d'une résolution par laquelle les Ministres ont demandé que l'étude en question soit exécutée par l'O.C.D.E., en liaison avec la C.E.M.T. et la Commission des Communautés Européennes.

Les travaux sur les actions 30 et 32 doivent, eux, aboutir à des propositions dans le deuxième semestre de 1972.

La moindre observation que l'on puisse faire sur l'historique des travaux Maréchal, Aigrain et désormais Cost, est la constatation d'une lenteur qui s'accorde mal avec les problèmes à résoudre. On est naturellement conduit à se demander si les raisons qui ont entraîné le glissement de ces travaux hors du cadre de la Communauté répondaient à un souci d'efficacité et de renforcement des activités de R.D. en Europe.

2.3. Organisations non gouvernementales

Elles sont nombreuses et d'inégale importance. Dans le domaine du transport routier il y a de nombreuses associations dont le but est d'organiser des rencontres internationales pour permettre l'échange des informations et susciter des réflexions sans que des recherches soient entreprises au niveau international. Dans le domaine des chemins de fer, en revanche, deux organisations sont à citer :

- a) l'Association Internationale des Congrès de chemins de fer (A.I.C.C.F.), qui organise des colloques sur des thèmes choisis et étudiés d'avance, techniques, et économiques. C'est une organisation mixte qui groupe à la fois les gouvernements et les réseaux d'un très grand nombre de pays européens et non européens ;
- b) l'Union Internationale des chemins de fer (U.I.C.), dont les activités dépassent largement le simple cadre de l'échange d'informations. Grâce à elle une coopération très étroite est établie entre les réseaux sur la quasi-totalité des problèmes ferroviaires techniques (voie, traction, matériel, signalisation) ou économiques (calcul des prix de revient). On peut mentionner ses travaux sur la standardisation ou l'unification du matériel roulant, les études techniques, économiques et commerciales (questions de propriété industrielle) poursuivies pour l'instauration de l'attelage automatique dans toute l'Europe, les études sur la signalisation de l'avenir, etc...

Pour nombre de recherches techniques l'U.I.C. ou des groupes de réseaux affiliés à l'U.I.C. ont recours à l'O.R.E. (Office de Recherche et d'Essais), créé en commun en 1949, par plusieurs réseaux européens, et qui est en quelque sorte un institut de recherche technique à la disposition de ses fondateurs. Dans le domaine des transports l'O.R.E. est le seul organisme international de recherche dont l'envergure et l'expérience sont telles qu'il mérite d'être décrit en détail.

Les statuts de l'O.R.E. indiquent que cet organisme a pour objet :

- (i) la mise en commun des résultats des recherches et des essais faits par les différents réseaux et la diffusion entre ses membres de la documentation technique utile,
- (ii) la mise en commun des moyens de recherche,

- (iii) l'exécution, pour le compte commun, de certaines études,
- (iv) l'étude, en vue de l'abaissement des prix de revient, de la rationalisation des moyens de construction et de la possibilité de répartir les fabrications entre les industries des divers pays.

III. Les accords bilatéraux entre états

Nous avons vu (pages 16 et 17), un exemple d'accords bilatéraux au niveau des Etats entre les Etats-Unis d'une part, et un certain nombre d'autres pays producteurs d'automobiles d'autre part, à propos du véhicule de sécurité. Il existe également des accords sur d'autres problèmes particuliers, comme celui de la sécurité routière.

Sur le plan général de la recherche dans le domaine des transports terrestres et maritimes, un accord a été conclu le 14 février 1972 entre la France et les Etats-Unis. Cet accord prévoit l'organisation d'une coopération entre les deux pays dont les premiers points d'application sont les suivants :

- a) - planification et programmes de démonstrations en matière de systèmes de transports urbains ;
- b) - meilleure adéquation du véhicule automobile au contexte urbain ;
- c) - participation à l'échelon local à la planification des transports urbains ;
- d) - coordination des systèmes de transports avec les autres éléments de l'infrastructure urbaine ;
- e) - contrôle du trafic maritime.

IV. Conclusion

Que ce soit au niveau des industries, à celui des organisations internationales, ou à celui des Etats, la nécessité d'une coopération internationale est de plus en plus reconnue afin que les efforts se conjuguent au lieu de rester dispersés et limités, afin aussi que les perspectives d'utilisation soient élargies. Cependant, si la constatation de cette évidence est à peu près générale, les conséquences pratiques qui en découlent demeurent trop récentes et trop timides pour qu'on puisse apprécier les résultats.

DEUXIEME PARTIE

INVENTAIRE DES ACTIVITES DE RECHERCHE

Titre I

Les techniques élémentaires

CHAPITRE I

LE MOTEUR LINEAIRE

I. Généralités

1.1. Les types de moteur linéaire

1.1.1. Différences selon le principe

On distingue couramment le moteur linéaire à induction et le moteur linéaire dérivé du moteur asynchrone rotatif.

Des deux techniques en présence, c'est la première technique qui semble la plus prometteuse à moyen terme.

1.1.2. Types de moteur à induction

- le moteur linéaire à induction
- le moteur linéaire à secondaire massif.
- le moteur à un seul primaire.

1.2. Inconvénients du moteur linéaire

- Le réglage de la vitesse ne peut s'effectuer qu'à l'aide d'un dispositif extérieur au moteur lui-même.

- Effets de bord et d'extrémité :

a) cet inconvénient existe aussi dans les moteurs rotatifs mais il est amplifié dans le moteur linéaire en raison des courants de Foucault qui vers les bords du secondaire changent d'orientation pour la fermeture des circuits.

b) D'autre part, la présence de courants transitoires à l'entrée du moteur crée une perturbation de l'induction magnétique.

- Effet d'entrefer

La présence de l'inducteur et de l'induit nécessite un espacement plus grand que celui du moteur rotatif. Mais d'autre part, plus l'entrefer est large, plus les fuites magnétiques sont importantes.

- Effet des forces attractives

Des forces attractives s'exercent entre inducteur et induit si celui-ci est magnétique ; si le moteur comporte 2 inducteurs les forces attractives s'exercent entre eux si l'induit n'est pas magnétique ; dans le cas contraire, elles s'exercent entre primaire et secondaire. Généralement la présence de ces interactions accroît la difficulté du guidage du véhicule dans certains cas ou nécessite un renforcement du châssis du moteur soumis à ces efforts.

1.3. Avantages du moteur linéaire

- Adaptation aux grandes vitesses pour deux raisons :

- . il est statique (absence de mouvement de pièces mécaniques)
- . il est sans nuisance (silencieux et exempt d'émission polluante)

- Avantages mécaniques :

- . absence de difficultés de transmission
- . absence de difficultés d'adhérence
- . absence de difficultés de freinage

- Avantages électriques :
 - . La courbe poussée-vitesse présente pratiquement un maximum au démarrage
 - . Stabilité de fonctionnement sur toute la gamme de vitesse (ce qui n'est pas le cas pour le moteur rotatif asynchrone où il existe un risque de pompage et de calage)
 - . Possibilité de freinage électrique.

II. Etude, développement et réalisation de moteurs linéaires

2.1. R. et D. en France

A. MERLIN GERIN, avec l'aide de la D.G.R.S.T. est la première entreprise qui se soit intéressée en France au moteur linéaire. Ses travaux ont été principalement intégrés à deux programmes :

a) l'U R B A : un prototype à échelle 1/2 a été réalisé et expérimenté à Lyon. La réalisation du moteur en vraie grandeur a été achevée courant 1971.

b) l'Aérotrain suburbain : la vitesse de synchronisme est de 210 km/h. Il est alimenté en courant triphasé par un transformateur embarqué sur le véhicule; à l'aide d'un capteur ce transformateur est alimenté en courant continu à partir d'un rail latéral.

B. Prototype MFR : Jeumont-Schneider, par l'intermédiaire de sa filiale MTE a étudié le moteur linéaire pour remplacer le frein électromagnétique à contact. Ces études ont conduit à un système capable d'assurer simultanément freinage et propulsion et ont ainsi permis la réalisation de deux prototypes de 300 KW destinés aux applications ferroviaires. La SNCF poursuit les études sur ces applications à partir de ces deux prototypes.

2.2. R. et D. en Grande-Bretagne

- l'Université de Bradford étudie, en collaboration avec le NRDC, les moteurs linéaires de faible puissance

- l'Université de Manchester et le British Railways Board ont construit un prototype de moteur linéaire d'une puissance de 40 kW et d'une vitesse nominale de 45 km/h

- English Electric - AEI Traction Ltd construit le moteur linéaire de GARRETT (Etats-Unis), déjà expérimenté au centre d'essais de Pueblo. Ce moteur d'une puissance de 3.000 CV à fort rendement (70 à 85 %), est utilisé par le prototype du Hovertrain.

2.3. R. et D. aux Etats-Unis

Dans le cadre du programme des véhicules à sustentation sans contact a été développé le moteur linéaire de forte puissance.

- Programme de recherche : les constructeurs américains font porter leurs efforts sur des moteurs de 2.500 à 7.500 CV. GARRETT, comme cité ci-dessus, a réalisé un moteur de 3.000 CV pour le Hovertrain britannique, à la suite de la construction d'un moteur de 2.500 CV à applications ferroviaires, réalisé sous contrat d'étude du Department of Transportation. Toujours sous contrat du D.O.T., elle travaille à un moteur de 7.500 CV destiné au véhicule à coussin d'air du Grumman.

- Moyens mis en oeuvre : l'Etat a engagé 3 M de \$ pour le moteur linéaire en 1970, soit 20 % des dépenses totales pour le transport à grande vitesse. Alors qu'en France on expérimente actuellement des moteurs de 300 à 400 CV les Etats-Unis, grâce à l'importance des moyens mis en oeuvre, disposeront dans un an d'un moteur 20 fois plus puissant permettant d'atteindre une vitesse deux fois plus grande.

2.4. R. et D. au Japon

- Les Japan National Railways (JNR) travaillent à élargir le champ d'application du moteur linéaire. Il a été utilisé par exemple dans le triage de Toyama pour remplacer la locomotive de pousse et les freins de voie conventionnels.

- Un moteur linéaire du type M F R de Jeumont-Schneider a été expérimenté comme moyen de freinage du prototype à grande vitesse Shin Kansen.

- Des études sont entreprises pour remplacer l'utilisation du courant triphasé par un courant alternatif monophasé.

- D'autres études sont entreprises dans les laboratoires des J N R sur un moteur à primaire sur la voie et secondaire porté par le véhicule pour éluder les difficultés de captage aux grandes vitesses. Ces travaux sont effectués dans le cadre de l'étude du système à sustentation, électromagnétique destiné à doubler la TOKAIDO LINE vers 1980.

CHAPITRE II

LES MOTEURS MOINS POLLUANTS OU "NON POLLUANTS"

I. Les moteurs "non polluants"

On les définit d'une manière assez générale comme les moteurs qui ne sont pas dérivés du moteur à combustion interne. Actuellement, des études portent sur 5 types de moteur.

1.1. Le moteur à vapeur

- Avantages :

- . souplesse et puissance à bas régime
- . rendement maximum équivalent à un moteur à combustion interne usagé
- . absence de bruit et de libération d'oxyde de carbone.

- Inconvénients actuels :

Les inconvénients sont encore multiples et leur suppression nécessiterait un coût initial élevé : rendement global assez faible, dimension, poids, étanchéité, graissage, résistance au gel, démarrage.

- Etat de la recherche :

La plupart des entreprises concernées par la construction automobile s'y intéressent, notamment British Leyland et Bertin en Europe. Mais c'est surtout aux Etats-Unis que les recherches sont le plus développées, tant chez Ford que chez G.M. qui a déjà sorti des prototypes, ainsi qu'au Stanford Research Institute.

D'autre part, la société William Brobeck a conçu un autobus doté d'un moteur à vapeur de 200 CV. Cet autobus a été mis en service en Californie pour expérimentation.

1.2. Le moteur à fluide organique

Ce moteur fonctionne selon le même principe que le moteur à vapeur ; l'eau est simplement remplacée par un fluide organique.

- Avantages : les mêmes que ceux du moteur à vapeur et, en plus, diminution de la plupart des inconvénients du moteur à vapeur.
- Par contre, d'autres inconvénients apparaissent : (coût, toxicité et risque de décomposition du fluide ...)

. Thermo Electron Corporation et Kinetics Corporation s'occupent de ce problème.

. La firme japonaise Nissan a équipé un break avec un moteur de la Kinetics Corp. (contrat d'un million de \$).

1.3. Le moteur Stirling

- Avantages : il est dépourvu d'échappements nocifs, il est silencieux, il a un bon rendement (40 % contre 30 % pour le moteur classique).

- Inconvénients : dimension, poids, étanchéité, démarrage, refroidissement.

- Etat de la recherche.

. la firme PHILIPS a monté un moteur Stirling de 100 CV sur un autobus.

. la firme suédoise KB United Stirling va achever les essais sur prototype et espère commencer ses livraisons en 1976,

. les firmes MAN et MWM en Allemagne travaillent en laboratoire sur ce moteur.

1.4. La turbine à gaz

Ce type de moteur est étudié depuis plus de 20 ans par Rover en Grande-Bretagne.

- Avantages : faible pollution, dimension et poids réduits.

- Inconvénients : niveau sonore élevé, coût important, nécessité d'un système auxiliaire au démarrage.

- Etat de la recherche

Travaux en cours chez Chrysler, Ford, GM, British Leyland Volkswagen, Klockner-Humbld-Deutz, MAN en Allemagne, Volvo en Suède, Fiat en Italie.

1.5. La turbine à vapeur

Des recherches sur la turbine à vapeur sont menées aux USA par la Société d'études William P. Lear qui espère y intéresser les grands constructeurs d'automobiles.

1.6. Le moteur électrique

Ni polluant, ni bruyant, le moteur électrique paraît être en principe le mieux à même de constituer le moteur sans nuisances. Sa mise au point opérationnelle dépend essentiellement du problème de l'approvisionnement en énergie (cf. plus loin accumulateurs et pile à combustible).

II. Les moteurs moins polluants

2.1. Le moteur Warren

Né de recherches sur l'économie de carburant, ce type de moteur est intéressant par l'amélioration de combustion qu'il permet d'obtenir, d'où il s'ensuit une diminution de la pollution.

2.2. Le moteur Wankel

- Avantages : poids et volume réduits, peu de vibrations, niveau sonore affaibli

- Inconvénient : il est encore trop polluant.

- Etat de la recherche : NSU exploite le moteur Wankel à l'échelle industrielle. Avec Citroën cette firme poursuit ses recherches.

D'autre part, de nombreuses autres firmes s'y intéressent et en sont au stade du laboratoire ou du prototype : Toyo Kogyo, Nissan, Toyota, Mercedes, Curtiss-Wright, GM.

2.3. Le moteur Diesel amélioré

Étudié par de nombreux constructeurs, il a l'avantage d'être beaucoup moins polluant, mais il est entâché des inconvénients de fumées, d'odeurs, de bruit, de poids et de volume.

2.4. Le moteur à combustion interne améliorée

De nombreux procédés sont à l'étude chez GM, IFP, GULF OIL, STANDARD OIL, UNIVERSAL OIL, ELF-ERAP. Mais ce procédé ne supprimera pas le bruit, entrainera sans doute un coût initial élevé et nécessitera un carburant plus cher.

2.5. Les solutions hybrides

d'innombrables solutions hybrides sont envisageables. Citons chez Daimler-Benz, un autobus hybride équipé d'un groupe électrogène à moteur Diesel et de batteries, chez G.M. des modèles expérimentaux à plusieurs moteurs comme le 5/2 à moteur électrique et moteur à essence, en France des taxis G7 à bouteille de gaz de pétrole liquéfié. Aucune de ces solutions n'est encore satisfaisante au point de donner lieu à une commercialisation étendue.

III. Les mesures prises par les Etats

Elles sont de deux ordres :

- (i) législation fixant le niveau maximum de pollution admissible auquel les constructeurs devront se conformer
- (ii) aide publique au financement de recherches

3.1. Législation

- (i) Les gouvernements des pays membres de la Communauté ont fixé une limite pour les émissions d'oxyde de carbone mais ne se sont pas prononcés en ce qui concerne l'oxyde de carbone
- (ii) Des normes très sévères ont été définies aux Etats-Unis qui prescrivent aux constructeurs de réduire de 90 % les taux de pollution des modèles qui seront mis en vente à partir de 1975 et l'on envisage même des normes encore plus strictes pour 1980.

3.2. Aide publique à la recherche

- En Europe, les recherches effectuées sous la conduite des pouvoirs publics n'ont porté que sur la nature et les conséquences de la pollution. Des recherches sur les procédés techniques de réduction de la pollution sont menées activement mais presque exclusivement supportées par les entreprises. Toutefois, en France, un crédit d'un million de francs a été récemment ouvert pour promouvoir certaines recherches dans ce domaine.

- Aux Etats-Unis, outre les recherches privées entamées par Ford et G.M., (chacune environ 30 millions de \$) le gouvernement a décidé de consacrer 93 millions de \$ à 2 programmes, voulant montrer par là que l'effort de l'industrie reste insuffisant pour remplacer le moteur classique par un moteur propre :

- a) un premier programme (73 millions de \$) destiné à la recherche sur un moteur "non polluant"
- b) un deuxième programme (20 millions de \$) visant les procédés de réduction de la pollution.

Ces deux programmes relèvent de l'Environmental Protection Agency.

IV. Conclusion

Toutes les solutions envisagées concernent le moyen terme car il semble impossible de substituer dans l'immédiat un nouveau type de moteur au moteur à explosion classique, ce qui mettrait l'industrie automobile en difficulté. Toutefois, une amélioration à court terme pourrait être tentée en agissant sur le règlage des moteurs.

CHAPITRE III

LA SUSTENTATION PAR COUSSIN D'AIR

La technique du coussin d'air connaît actuellement deux champs d'application :

- les aéroglisseurs marins
- les véhicules terrestres guidés (et, à titre d'expérience isolée, un cas de véhicule terrestre autonome)

I. Principe du coussin d'air

Il existe deux types de coussin d'air. Le coussin d'air à jupes souples et le coussin d'air à jupes rigides.

1.1. Le coussin d'air à jupes souples

- La technique britannique :

C'est la technique du coussin d'air à jet périphérique. Elle est mise au point par la Société Hovercraft Unit, qui constitue au sein du National Physical Laboratory la division chargée d'étudier les véhicules marins sur coussin d'air, et par la Société Tracked Hovercraft Ltd, qui développe l'Hovertrain. La technique britannique a été développée par certaines firmes japonaises et américaines jusqu'à ces dernières années. Ces firmes cherchent, actuellement, à créer un coussin d'air selon des techniques propres en s'appuyant à la fois sur la technique britannique et sur la technique française.

- La technique française :

Cette technique s'appuie sur le développement du principe de la "chambre en cloche" conçu par la société Bertin et sur le système dit "multijupes" exploité par la même Société.

1.2. Coussin d'air à jupes rigides

On a étudié pour les véhicules marins un coussin d'air à flancs destiné à permettre aux appareils de franchir des obstacles importants. Ces recherches sont effectuées en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis.

II. Applications

Deuxième partie - Titre III - Chapitre X

Deuxième partie - Titre II - sous titre 1 - Chapitre VII

CHAPITRE IV

LE SYSTEME DE SUSTENTATION MAGNETIQUE

Le système de sustentation magnétique présente tous les avantages d'un système de sustentation sans contact solide que l'on utilise dans le système du coussin d'air. Indépendamment de toute considé-

ration de coût, sur lequel on a des données trop imprécises pour établir une comparaison valable, la sustentation magnétique présente d'autres avantages :

- suppression de tout contact à fluide
- suppression de tout mouvement de pièce mécanique
- grande facilité de contrôle
- grande souplesse de la suspension.

I. Les programmes de recherche en ALLEMAGNE

1.1. Le Birlinghovener Kreis

Récemment, à l'initiative du Ministère de la Recherche, un groupement composé de 10 entreprises a été créé pour s'occuper de ces recherches, financées à 25 % par le Ministère de la Recherche.

1.2. Krauss Maffei

Dispose déjà actuellement de quelques modèles réduits construits pour étudier la faisabilité du système de sustentation. Le projet d'application final est un système de transport à grande vitesse (TRANSRAPID) mais la première étape du développement vise un système de transport urbain (TRANSURBAIN).

1.3. Messerschmitt - Bölkow - Blohm (MBB)

A installé une ligne expérimentale de 600 m de long près de Munich. Le coût du développement de ce programme est d'environ 6 M DM dont une partie a été supportée par le Ministère de la Recherche.

II. Autres programmes de recherche

2.1. Aux U.S.A.

Études au niveau de laboratoire au Stanford Research Institute.

2.2. Au Japon

Un très vaste programme a été lancé pour réaliser le doublement de la TOKAIDO LINE vers 1980.

CHAPITRE V

LES ACCUMULATEURS

Les accumulateurs ou générateurs électrochimiques secondaires sont caractérisés par leur réversibilité, c'est-à-dire qu'ils peuvent être rechargés en énergie électrique par passage d'un courant inverse de celui qu'ils débitent lors de leur fonctionnement. Par rapport aux piles à combustible, ils présentent donc l'avantage de ne pas nécessiter généralement de manutention et de stockage de produits chimiques.

Les accumulateurs traditionnels, c'est-à-dire actuellement produits industriellement, sont limités dans leur application au transport, essentiellement en raison de la faible valeur de leur énergie massique, de leur puissance massique et de la forme de la loi caractéristique qui lie ces deux paramètres fondamentaux.

Pour le petit véhicule électrique urbain, il est admis qu'une énergie massique minimum de 50 wh/kg est nécessaire ; ce niveau est loin d'être atteint avec les accumulateurs traditionnels au plomb (25 wh/kg) ou les meilleurs accumulateurs au nickel-cadmium (30 wh/kg).

Si d'autre part, la puissance massique minimum requise par un tel véhicule peut être atteinte avec les accumulateurs traditionnels,

...

l'énergie massique qui peut être obtenue dans ces conditions est insuffisante en particulier, avec les accumulateurs au plomb (5 fois trop faible) ; l'emploi d'accumulateurs au nickel-cadmium permet de réduire notablement cet écart qui n'est plus que de 30 à 40 %.

Les activités de recherche en matière d'accumulateurs ont donc pour principal objectif d'accroître la valeur de ces deux paramètres par l'utilisation de couples très réactifs permettant de fortes densités d'énergie.

I. Les accumulateurs traditionnels

1.1. Accumulateurs acides au plomb

Leur principal avantage réside dans leur coût peu élevé, mais leurs inconvénients sont très nombreux : problèmes de décharge, de stockage, de réalimentation, de performances. Peu d'améliorations ont été apportées à ce système.

1.2. Accumulateurs alcalins

L'utilisation de métaux tels que le nickel ou l'argent a pour conséquence immédiate l'augmentation du prix de revient de ces accumulateurs.

Couple nickel-fer :

- . Avantage de robustesse
- . Inconvénient : faiblesse de la puissance massique.

Couple nickel-cadmium :

- . Avantages supérieurs à ceux du couple plomb-oxyde de plomb : puissance massique élevée, durée de vie plus grande, pas de problème de décharge.

Une société française, la Société des Accumulateurs Fixes de Traction (SAFT) du groupe C.G.E., a mis au point un type d'électrode particulier qui permet d'obtenir une puissance massique accrue. Mais le prix de revient est d'environ 7 fois plus élevé que celui des accumulateurs au plomb pour une durée de vie pratiquement comparable.

1.3. Accumulateurs à oxyde d'argent

Les pertes énergétiques rapportées à l'unité de masse sont moins élevées que dans le cas des accumulateurs acides ou au nickel (70 à 75 % au lieu de 85 %).

Cependant, le coût de ce genre d'accumulateurs est beaucoup trop élevé (20 fois celui de l'accumulateur au plomb) à cause de l'utilisation de l'argent. D'autre part, la durée de vie n'est élevée que si on substitue une électrode de cadmium à l'électrode de zinc, mais on diminue alors notablement l'énergie et la puissance massique.

1.4. Perspectives d'amélioration des accumulateurs traditionnels Améliorations techniques

Ceux des générateurs secondaires traditionnels qui utilisent une électrode de zinc, sont théoriquement les mieux adaptés à la traction des véhicules électriques individuels ou utilitaires, par suite de leurs bonnes caractéristiques énergétiques. Les recherches actuelles ont principalement pour objectif l'augmentation de la durée de vie de l'électrode de zinc, dont la brièveté limite actuellement les possibilités d'utilisation.

...

Améliorations de prix de revient

Pour limiter le prix de revient du générateur, certaines firmes américaines tentent de remplacer dans les accumulateurs argent-zinc, l'argent par le nickel, utilisé sous forme d'hydroxyde. Deux fois plus cher que l'accumulateur au plomb, mais ayant une énergie massique double l'accumulateur nickel-zinc est attractif, si la durée de vie de l'électrode de zinc peut être portée entre 500 et 1000 cycles. Toutefois, l'autonomie que permettra ce couple risque d'être insuffisante avec 50 à 60 wh/kg.

II. Les nouveaux types d'accumulateurs

Pour les véhicules électriques à grand rayon d'action ou plus généralement nécessitant une large autonomie, il est admis qu'une source fournissant 200 wh/kg avec une puissance de 120 w/kg est nécessaire. Sa durée de vie doit atteindre 1000 cycles (environ 3 ans) et son prix de revient ne doit pas dépasser 8 à 10 F/kg (soit deux fois celui des accumulateurs au plomb). Nous avons vu qu'aucun accumulateur classique ne permettait d'envisager que de telles conditions puissent raisonnablement être rassemblées. C'est cette constatation qui a conduit les industriels et les chercheurs à développer de nouveaux types de générateurs nécessitant la mise en oeuvre de nouvelles techniques.

Deux méthodes sont en concurrence.

2.1. Les générateurs à cathode à air

- Accumulateur air-zinc

Cette solution a été retenue par SONY pour son véhicule électrique. La batterie ainsi réalisée par SONY présente des imperfections ; la puissance massique n'est que de 24 w/kg, ce qui nécessite une batterie d'accumulateurs nickel-cadmium pour l'appoint de puissance. L'énergie massique est environ de 90 wh/kg, ce qui est en revanche un progrès important sur l'accumulateur traditionnel au plomb. Une grande discrétion subsiste sur le coût et la durée de vie, principaux éléments de choix économique.

Le LEESONA-MOOS (américaine) et la KRAMPION-PARKINSON (anglaise) effectuent également des recherches sur ce type d'accumulateur.

- Autres accumulateurs à air atmosphérique

Avec une aide financière des pouvoirs publics, les firmes françaises SAFT et CGE se sont intéressées à cette méthode qui a l'avantage d'accroître la durée de vie du générateur. En revanche, l'électrode utilisée étant en fer ou en cadmium, l'énergie massique du système obtenu est plus faible qu'avec le zinc (70 wh/kg).

- Inconvénients de l'électrode à air

En contrepartie d'un devis poids très économique cette électrode présente des difficultés d'utilisation : système lourd, rendement énergétique faible, augmentation des pertes d'énergie par effet Joule.

2.2. Accumulateurs à électrolyte non aqueux

- Système d'électrolyte organique à température ambiante :

ce système a été étudié par LOCKHEED, GULFON, MALLORY, mais semble actuellement délaissé faute de résultats positifs.

- Système des sels fondus à haute température :

a) accumulateur lithium-chlore : la firme G.M. se penche actuellement sur un accumulateur de ce type, mais le prix du lithium étant très élevé, le prix de revient de l'accumulateur reste prohibitif, du moins dans l'état actuel des recherches qui n'ont pas dépassé le stade de laboratoire.

...

b) accumulateur sodium-soufre : la firme FORD aux Etats-Unis et la CGE en France mènent des recherches sur cet accumulateur, dont le principal avantage est d'utiliser des réactifs bon marché avec une puissance et une énergie massiques élevées (200 et 300 w/kg). Toutefois, le point délicat est l'électrolyte qui nécessite de très hautes températures. Les recherches portent sur son obtention industrielle.

III. Conclusion

En matière d'accumulateurs traditionnels les recherches menées visent plutôt à leur adaptation aux exigences du marché existant, qu'à la conquête de nouveaux marchés au prix d'une amélioration importante de leurs caractéristiques massiques.

Les accumulateurs qui pourraient être pleinement compatibles avec les impératifs liés à la propulsion électrique de véhicules routiers utilitaires ou de tourisme, sont pour la plupart de conception nouvelle et n'ont généralement pas encore dépassé le stade du prototype ou même du laboratoire. Certains systèmes laissent entrevoir des perspectives encourageantes comme les générateurs à cathode à air et anode de zinc ou de fer, bien que leurs caractéristiques massiques soient légèrement insuffisantes par rapport à celles retenues comme optimales.

Seuls les accumulateurs à haute température possèdent les caractéristiques massiques parfaitement adaptées aux véhicules électriques les plus performants. Mais dans ce domaine les perspectives d'avenir sont moins favorables, car les difficultés à résoudre sont encore nombreuses ; la lenteur des progrès effectuées par FORD dans le domaine de l'accumulateur sodium-soufre conduit à s'interroger sur la validité de ces filières.

CHAPITRE VI

LA PILE A COMBUSTIBLE

I. Généralités

1.1. Les types de piles

Depuis plus de dix années au cours desquelles de très nombreux travaux ont été menés sur la pile à combustible, une très grande diversité de types de piles sont apparus :

- piles directes classiques

- . pile à méthanol
- . pile à l'hydrogène
- . pile à l'hydrazine

- piles indirectes

1.2. Comparaison entre pile à combustible et autres générateurs

(i) Dans un avenir proche, les piles à combustible seront susceptibles de venir se substituer dans de nombreuses applications aux accumulateurs. Elles ont sur ces derniers de nombreux avantages :

- poids par unité de puissance 10 à 20 fois plus faible
- encombrement 5 à 10 fois plus faible
- rendement plus élevé de 20 % en moyenne (40 % pour les piles directes, égal pour les piles indirectes)
- la consommation des réactifs représente une dépense équivalente pour les piles à méthanol, notablement inférieure pour celles à hydrocarbures
- la sujétion de recharge est inexistante

...

- le prix actuel d'une pile à combustible est encore trop élevé. Mais, par le seul fait de la construction en petite série, il pourrait être notablement diminué (5.000 F/kw, ce qui est cependant près de 10 fois trop élevé).

(ii) Dans une phase qui appartient encore à la prospective, la pile à combustible devrait pouvoir se substituer à certaines installations de groupes électrogènes par rapport auxquels, elles ont certains avantages :

- rendement multiplié par 5
- dépenses de consommation comparable seulement si le combustible est un hydrocarbure
- encombrement et poids par unité de puissance qui deviendraient comparables
- pas de maintenance, alors qu'elle est coûteuse pour un groupe électrogène et doit être fréquente.

Notons que le prix enfin est encore 5 à 10 fois plus élevé, et que d'autre part, l'utilisation d'hydrocarbures n'est plus actuellement qu'un objectif lointain avant lequel d'autres étapes devront être franchies. C'est donc dire que la propulsion électrique des véhicules routiers est encore loin de devenir une réalité sur une échelle importante.

II. Les programmes de recherche et de développement en FRANCE

2.1. Organisation de la recherche par la D G R S T

Jusqu'en 1965, un foisonnement anarchique de recherches s'était installé en France. Aussi la D G R S T élaborera un programme avec pour objectif la réalisation d'un modèle probatoire de pile industrielle. Les recherches furent partagées entre :

- a) pile à basse température
 - . par la C.G.E. en association avec CITROEN et récemment SIEMENS, (pile à hydrogène à basse température et électrolyte alcalin)
 - . l'O.N.I.A., devenue Azote et Produits Chimiques (pile à hydrogène à moyenne température)
 - . ALSTHOM-PEUGEOT-RHONE POULENC (piles Redox) régénération permanente du combustible et du carburant)
 - . l'INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE et le CARBONE LORRAINE (pile à hydrogène à basse température).

- b) pile à haute température

Ces études sont menées par l'E.D.F. et G.D.F. Elles portent sur la tenue des électrodes aux hautes températures. L'Université de Grenoble et la C.G.E. sont associées à ces travaux.

2.2. Les prototypes de pile à combustible industrielle - Les travaux du Laboratoire Central des Industries Elec- triques (L.C.I.E.)

Ce laboratoire a pour mission d'éprouver les différentes piles construites par les firmes françaises sous l'égide de la DGRST. Les piles testées par le L.C.I.E. sont celles d'Azote et Produits Chimiques (A.P.C.), de la C.G.E., d'ALSTHOM. Cette dernière pile est arrivée au stade opérationnel et certaines applications sur les sous-marins sont envisagées actuellement.

-L'I.F.P.-L.C.L. : Le prototype de cette pile a subi avec succès l'ensemble des essais du L.C.I.E., qui confirmèrent que pouvaient être prises des dispositions pour l'industrialisation de ce type de pile froide directe à hydrogène.

...

2.3. Les moyens mis en oeuvre

- Rôle des pouvoirs publics

Il convient de noter le rôle tout à fait privilégié que jouèrent les pouvoirs publics dans ce domaine de la recherche. L'ensemble des études fut financé pour près de 80 % par la D G R S T et la D R M E. Par ailleurs, c'est en partie à l'initiative de la D G R S T que furent établis les premiers programmes de recherche dès 1960-1961. C'est encore sous l'impulsion de la D G R S T que les firmes industrielles se regroupèrent évitant une dispersion trop grande des efforts, mais conservant l'esprit d'émulation, 4 groupes concurrents ayant été constitués.

- Efforts engagés

Peu d'informations ont été communiquées. En ce qui concerne le groupe I.F.P. le montant global des dépenses engagées entre 1960 et 1970 a été de 40 M F.

2.4. Les programmes futurs

- Groupe C.G.E.-I.F.P.

Un programme dont le montant des dépenses se situerait entre 15 et 20 M F devrait permettre de livrer fin 1972 une pré-série de piles d'une puissance massique de 30 kg/kw (pile à hydrogène froide indirecte). Effort principal sur la compactisation du générateur d'hydrogène.

- Groupe ALSTHOM

Ce groupe déploie ses efforts dans deux directions :

a) la pile hydrazine-air

b) la pile directe méthanol-air. Par suite de l'état

avancé des recherches effectuées par Alsthom dans le domaine des catalyseurs pour ce type de piles, un accord a été passé avec Jersey Enterprises Inc. du groupe ESSO : programme commun d'études sur 5 ans d'un montant de 55 M F.

- Azote et Produits Chimiques

met au point un générateur d'hydrogène à base d'hydrocarbures.

III. Les programmes de recherche et développement en ALLEMAGNE

Ce n'est que récemment (1969) que le Ministère de la Recherche Scientifique a pris l'initiative d'entamer un vaste programme de soutien à l'industrie privée d'un montant global de 20 M DM (soit 30 M F) échelonné jusqu'en 1972. Entreprises industrielles, Ecoles techniques, Instituts de recherche sont associés à la mise en oeuvre de ce programme à caractère national.

- 3.1. Varta et Siemens font porter leurs efforts sur les piles à hydrogène directes et indirectes.
- 3.2. L'Ecole Supérieure Technique d'Aix-la-Chapelle étudie les piles à méthanol ou hydrazine.
- 3.3. AEG Telefunken et Bosch s'intéressent à la recherche de catalyseurs non nobles.
- 3.4. Brown-Boveri (Heidelberg) s'est engagé dans la filière des piles à haute température à électrolyte solide.

...

IV. Les programmes de recherche et développement en GRANDE-BRETAGNE

4.1. SHELL a limité son champ d'investigation à l'utilisation de dérivés carbonés comme combustibles. Des piles directes et indirectes alimentées au méthanol ont été étudiées.

4.2. Seules les piles directes à hydrogène-oxygène ont attiré l'intérêt de ELECTRIC POWER STORAGE en vue d'une utilisation dans le domaine océanographique.

4.3. ENERGY CONVERSION Ltd, filiale du N.R.D.C.
Un programme de recherche a démarré sur les piles à basse température et électrolyte acide, qui devrait permettre d'ouvrir la voie au développement d'une pile industrielle à hydrocarbure et électrolyte acide.

Par ailleurs, les piles à haute température sont aussi étudiées.

V. Les programmes de recherche et développement aux ETATS-UNIS

Contrairement à ce qui se passe en France, en Allemagne et en Grande-Bretagne, l'aspect industriel de la pile à combustible n'a pas été le premier but vers lequel le programme de recherche a été orienté. En particulier, le domaine fondamental de la catalyse n'a pratiquement pas été abordé en profondeur ; la fiabilité de la pile était avant tout recherchée, l'importance des coûts restant marginale ; ainsi les métaux nobles en particulier sont utilisés en très grande quantité. Or, il apparaît que les résultats auxquels on est parvenu de part et d'autre sont très comparables sur le plan industriel. Si cet état de fait est lié à des orientations différentes de la recherche dans l'un et l'autre pays, il n'en demeure pas moins que la question se pose de savoir s'il n'est pas lié aussi au principe même de "la pile à combustible" qui pourrait soulever des problèmes technologiques difficilement résolubles à court terme, compte tenu de l'état actuel des connaissances scientifiques.

5.1. Piles directes

- Pratt et Whitney a porté ses efforts sur les piles à hydrogène et oxygène à haute température.

- D'autres firmes, telles que General Electric, Union Carbide, Allis Chalmers, ont étudié et réalisé des prototypes de piles à hydrogène à basse température de 1 à 2 kW. Les deux dernières ont même présenté chacune un véhicule électrique alimenté par pile respectivement en collaboration avec GM et ENGELHARD. Le champ d'investigation de ces entreprises s'étend aussi à la pile à hydrazine. MONSANTO a mis au point une pile de ce type, sous contrat passé avec l'Armée. Une jeep fut équipée d'une pile de 55 kw mais cette expérience n'a pas connu de développements ultérieurs.

- La Société ESSO Research a conduit un programme sur la pile au méthanol à électrolyte acide et haute température. Mais, coût élevé et performances médiocres.

5.2. Piles indirectes

- De petites équipes travaillent sur ces piles chez TEXAS INSTRUMENT, GE, WESTINGHOUSE.

- PRATT et WHITNEY et l'INSTITUTE OF GAS TECHNOLOGY collaborent au programme le plus étendu dans ce domaine (TARGET : Team to advance research for gas energy transformation). Le programme prévoit la mise au point de petites centrales électriques alimentées en gaz naturel, transformé ultérieurement en hydrogène.

- ALLIS-CHALMERS s'est engagé dans un programme sur une pile à ammoniac de 5 kW (contrat avec l'Armée).

...

CHAPITRE VII

CONTROLE ET REGULATION POUR LES SYSTEMES DE TRANSPORT EN SITE PROPRE

Le contrôle et la régulation pour les systèmes de transport en site propre urbains ou suburbains ne peuvent être abordés dans le détail étant donné la large gamme des systèmes (du tapis roulant fonctionnant sur une faible distance aux véhicules entièrement automatisés circulant dans un réseau dense), et la grande variété de solutions théoriques. Cependant, malgré la richesse de théories et de composants, les problèmes sont identiques, au moins pour les transports en commun.

I. Domaine d'application de ces procédés (fonctions)

- la régulation du système (respect de l'horaire, répartition des trains sur la ligne ou contrôle du trafic, choix des différents itinéraires ...)
- la marche du véhicule (démarrage, accélération)
- la sécurité.

II. Les différents éléments de réalisation des systèmes

- capteurs
- moyens de liaison
- organes de décision
- servomécanismes ou effecteurs

III. Exploitation

3.1. Modes de fonctionnement

On peut distinguer 3 modes de fonctionnement en général :

- fonctionnement sur demande (ex : Sky-car, TTI, etc ...)

Dans ce cas, les automatismes de contrôle du trafic sur le réseau doivent permettre à une voiture de quitter la ligne principale pour rejoindre par dérivation la station destinataire.

- fonctionnement sur horaire fixe (ex: Westinghouse, Metro, etc...). Dans ce deuxième cas, les automatismes de contrôle du trafic doivent réaliser le respect d'intervalle de temps entre 2 voitures successives, ainsi que le respect de l'horaire.

- fonctionnement mixte (ex: Dashaveyar, Alden).

3.2. Modes de fonctionnement particuliers

3.2.1. Répartition

Les organes de commande et de contrôle aux différents postes.

3.2.2. La commande

- commandes centralisées : système de type Alden
- commandes non centralisées :
 - o nouveau système RATP
 - o système expérimental SNCF
 - o système "Transit Expressway" de Westinghouse
 - o système SKYKAR de la Sky Kar Corporation
 - o système UNIFLO et, en général, systèmes où le véhicule est passif

IV. Etudes et perspectives d'avenir

D'importants moyens sont affectés au développement des différents systèmes d'automatisme, avec pour objectifs :

- suppression du personnel de conduite (Westinghouse, BARTS)
- meilleures performances

- services plus fréquents
- flexibilité plus grande.

CHAPITRE VIII

RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT EN MATIERE DE CONTROLE ET DE REGULATION DE LA CIRCULATION ROUTIERE

Deux domaines constituent le champ principal des actions de recherche et développement en matière de contrôle et de régulation de la circulation routière :

- les auto routes
 - . détection des incidents et accidents, permettant une intervention rapide
 - . contrôle des rampes d'accès à l'autoroute
 - . régulation du trafic sur l'autoroute
 - . mise en place de corridors
- les réseaux urbains
 - . commande individuelle adaptative pour les carrefours
 - . commande coordonnée pour les réseaux maillés à carrefours multiples.

I. Recherche et développement en Belgique

- 1.1. Organisation de la recherche et du développement
 - Secteur public : le Ministère des Transports coordonne les études menées par les pouvoirs publics sur les applications de ces techniques en Belgique.
 - Secteur privé : les ACEC déploient une très grande activité dans ce domaine à l'aide de leur laboratoire de recherche.

- 1.2. Etat d'avancement des recherches
 - Circulation urbaine : les travaux ont porté sur l'amélioration de la sécurité de circulation dans les tunnels par :
 - . détection des incidents survenant dans le tunnel
 - . détection du degré de pollution maximal admissible (avec fonctionnement économique du dispositif de ventilation)

Les études, expérimentations et réalisations opérationnelles ont été menées par les ACEC avec la collaboration étroite de Rijkswaterstaat, organisme néerlandais, pour la ville de Rotterdam.

- Circulation routière : les ACEC sont en train de mener une vaste étude d'évaluation des systèmes de contrôle de la circulation sur le tronçon de la RN 4 du département de la Seine-Saint-Denis (France).

II. Recherche et développement en FRANCE

- 2.1. Organisation de la recherche et du développement
 - Intervention des pouvoirs publics : les pouvoirs publics s'intéressent à ce secteur de R & D par l'intermédiaire de la Direction des Routes dont dépendent certaines activités de l'Institut de Recherche des Transports (IRT) et le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA).

- Activité du secteur privé : les travaux théoriques les plus avancés sont réalisés par des sociétés de services comme la SODETEG et le LAAS (Laboratoire d'Automatique et des Applications Spatiales de Toulouse) tandis que plusieurs firmes industrielles (Dassault, Matra ...) effectuent des recherches appliquées.

2.2. Etat d'avancement des recherches

- Circulation urbaine : des expériences ont été réalisées à Grenoble, St Etienne, Toulouse et Paris.
- Circulation routière ou autoroutière :
 - a) opération de délestage : de nombreuses opérations de ce type ont été mises sur pied, notamment l'expérience Lyon-Grenoble et à Nogent-le-Rotrou.
 - b) synchronisation des feux sur la Nationale n° 2 à la sortie de Paris.
 - c) travaux visant à la mise en place du contrôle de la circulation sur le complexe mixte routier et autoroutier du Sud de Paris.
 - d) des études à plus long terme sont effectuées sur deux thèmes principaux sous l'égide de l'IRT :
 - le contrôle de l'intervalle entre véhicules
 - l'identification automatique des véhicules.

III. Recherche et développement en ALLEMAGNE

3.1. Organisation de la recherche

Un organisme public, le "Bundesanstalt für Strassenwesen", effectue la plupart des recherches.

3.2. Etat d'avancement des recherches

a) circulation urbaine : trente villes ont déjà été équipées de dispositifs de contrôle de la circulation. La plus grande partie des équipements techniques a été étudiée et réalisée par Siemens (München).

D'autres travaux sont effectués par les services du Ministère des Transports, notamment à Aix-la-Chapelle.

b) circulation sur autoroute : différentes expériences ont été réalisées :

- section d'autoroute Weyarn-Munich : informations de vitesse maximum transmises au conducteur par panneaux lumineux ;
- section d'autoroute Hanovre-Cologne : augmentation de la capacité d'écoulement par contrôle des voies d'accès
- autoroute Wiesbaden-Karlsruhe : sélection de l'itinéraire

- Berlin (Heerstrasse) : contrôle et régulation de la circulation, à partir d'un ordinateur central, pour l'utilisation optimale de l'autoroute

- Rheinallee-Tunnel (Dusseldorf) : programme de signalisation établi par ordinateur pour assurer la sécurité.

c) techniques particulières :

- dans le domaine de la transmission des instructions aux automobilistes, AEG-Telefunken a mis au point un système de transmission auditif incorporé au véhicule, capable de transmettre au conducteur des informations différenciées d'une voie à l'autre. Une expérience a été réalisée sur l'autoroute Hanovre-Hambourg.

- dans le domaine de l'identification, un système de relèvement automatique sur bandes perforées de l'immatriculation des véhicules a été mis au point et expérimenté à Aix-la-Chapelle.

IV. Recherche et développement en GRANDE BRETAGNE

4.1. Organisation de la recherche

En Grande-Bretagne, le Road Research Laboratory mène toutes les études dans ce domaine. Pour le secteur privé, les firmes GEC-Elliott, Traffic Automation Ltd et Plessey Company Limited apportent leur concours aux différentes expérimentations et réalisations effectuées.

4.2. Etat d'avancement des recherches

- Circulation urbaine : expériences de Glasgow, de Londres, de Liverpool.
- Circulation autoroutière : un programme d'études de divers systèmes de contrôle du trafic sur autoroute a démarré récemment. L'installation des systèmes de contrôle s'est déroulée en 1970 et a été conçue avec une souplesse suffisante pour permettre des modifications ultérieures.
- Péage en zone urbaine : Des études théoriques assez poussées ont été effectuées sur l'identification des véhicules dans le but d'instituer un péage pour l'accès à certaines parties du réseau urbain.

V. Recherche et développement aux ETATS-UNIS

5.1. Organisation de la recherche et du développement

Au niveau fédéral, le Bureau of Public Roads effectue un certain nombre de recherches théoriques et d'expérimentation de matériels destinés au contrôle de la circulation.

Par ailleurs certains Etats disposent d'instituts de recherche ou de centres de recherche universitaires. Parmi les plus actifs, il convient de citer le Stanford Research Institute (Californie), le Texas Transportation Institute (Texas) et l'Université de Berkeley (Texas), l'Université de Michigan (Michigan) et le National Providing Ground for Freeway Surveillance Control and Electronic Traffic Aids. Ces instituts et centres universitaires de recherche ont effectué de nombreuses études sous contrat pour le compte de municipalités.

5.2. Etat d'avancement des recherches

- Circulation routière. Les principales réalisations sont les suivantes :

- . Détroit (Texas Transportation Institute) : régulation de la vitesse.
- . Los Angeles : régulation des flux de trafic aux rampes d'accès.
- . Woburn (Massachussets) : contrôle des rampes d'accès.
- . Corridor de Detroit (Université de Michigan) : contrôle et régulation d'un complexe mixte routier et autoroutier.
- . Corridor de Dallas : étude de l'ensemble des problèmes d'aide à la circulation.

- Circulation urbaine. Les trois principales villes qui font l'objet de programmes de recherche sont Washington (Bureau of Public Roads), San José (Californie) et Wichita Falls (Texas).

- Circulation en tunnel. Le port de New-York a mené, en collaboration avec le Laboratoire de Recherches d'IBM, l'étude et la réalisation du contrôle du trafic dans le Lincoln Tunnel et le Holland Tunnel.

- Autres thèmes de recherche. Le Bureau of Public Roads a mis au point un système de conduite guidée dit ERGS (Experimental road guidance system). L'automobiliste affiche au départ sa destination sur son tableau de bord; il est alors pris en charge par un centre de contrôle du trafic qui lui indique, après échange d'informations avec la chaussée, la direction à prendre sur un écran lumineux à bord du véhicule. Une expérimentation doit être tentée dans une zone de 100 intersections à Washington.

Titre II

Les systèmes de transport terrestre

Sous-Titre 1

Le transport interurbain guidé

CHAPITRE I

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALLEMAGNE DE L'OUEST

La République Fédérale d'Allemagne s'est efforcée d'avoir une vue globale des problèmes et de penser une politique à long terme en matière de transport. Dès 1968 le "plan Leber" s'est donné pour objectif le soulagement de la route par une meilleure utilisation de la capacité ferroviaire.

En conformité avec ce plan, la Deutsche Bundesbahn, chemins de fer fédéraux allemands, a centré ses activités de recherche sur :

- l'augmentation de la vitesse
- l'accroissement de la sécurité
- l'automatisation.

I. Les grands programmes de la Deutsche Bundesbahn

1.1. Le transport de voyageurs

- Le réseau "Intercity". Son but est d'assurer, en plus des avantages classiques des chemins de fer (vitesse, confort, fiabilité, sécurité), une fréquence élevée de desserte entre 72 villes de la R.F.A., afin de concurrencer le transport par route et par air. Le coût du projet est de 17 millions de DM.

- Les réseaux suburbains : la D.B. a décidé de développer aussi ce genre de transport.

- Réseau rapide : projet pour les années 80 d'un réseau de trains circulant à 400 Km/h.

1.2. Le transport de marchandises

Une dotation de 250 millions de DM par an a été accordée à la D.B. par le Ministère des Transports pour développer le "trafic combiné". Cette dotation est prévue pendant quatre ans (de 1969 à 1972). De plus, la D.B. a décidé de développer le trafic par conteneurs. La construction de 25 grands terminaux de transbordement de conteneurs a été approuvée.

II. Recherche et développement pour la réalisation de ces programmes

2.1. Traction et essais à grande vitesse

Pour mettre ces programmes au point, la D.B. a travaillé sur 3 sortes de traction possibles :

- la traction électrique : construction d'une locomotive Henschel et Siemens atteignant 300 Km/h (locomotive 103 - 118) - Construction d'une rame automotrice (série 403) pouvant atteindre 250 Km/h,

- le moteur Diesel : tandis que les firmes Reinstahl-Henschel et BBC-Manheim construisent une locomotive Diesel électrique de 2.500 CV pour la D.B., cette dernière a confié à M.T.U. la réalisation d'un moteur Diesel de 2.500 CV,

...

- la turbine à gaz : la D.B. a confié à Klöckner-Humboldt-Deutz (KHD) les travaux concernant la turbine à gaz. Le coût total est estimé à 5 millions de DM dont 60 % seront fournis par la D.B.

2.2. Matériel

Les problèmes concernant les modifications nécessaires du matériel sont étudiés par MAN (boggies à suspension pneumatique, caisses inclinables, ...)

2.3. Infrastructures

La D.B. a défini un programme qui nécessitera sur 15 ans un investissement total de 39 milliards de F, pour la construction de lignes nouvelles et l'amélioration des lignes existantes. Il s'agit de la construction d'un ensemble de 2.200 Km de lignes directes ou de déviations et de l'amélioration de 250 Km de lignes existantes, pour permettre la circulation à des vitesses comprises entre 200 et 300 Km/h.

Les principaux thèmes qui font l'objet de travaux sont :

- pose de voies sans ballast sur plaques d'appui en béton précontraint à coût d'entretien quasi nul;
- signalisation;
- réchauffement électrique des aiguilles;
- tenue statique des ponts aux grandes vitesses;
- franchissement des tunnels.

2.4. Automatisation

Les recherches d'utilisation des calculateurs électroniques sont menées dans plusieurs domaines :

- optimisation des horaires : pour 1972 la D.B. prévoit la mise en service d'un ordinateur électronique central dans la région de Francfort pour permettre l'optimisation des coûts des trajets et des horaires en fonction de la demande;
- recherches pour l'amélioration du trafic
 - . capacité de débit
 - . fluidité
 - . communication par radio à ondes ultra courtes entre les trains et les postes fixes.

III. Projet d'avenir

Un calendrier est fixé pour que dès 1985 des trains puissent circuler entre Hambourg et Munich à des vitesses comprises entre 300 et 500 Km/h. C'est pour cette raison qu'au sein du "Birlinghovener Kreis" dix entreprises collaborent avec le Ministère de la Science et de l'Education Nationale pour élaborer le concept du transport guidé de l'avenir. La D.B. participe à la société d'études et de développement créée pour cette Hochleistungsschnellbahn (HSB). Les travaux actuels ont permis de conclure qu'une telle liaison devrait faire appel à des systèmes de sustentation, de guidage et de propulsion entièrement nouveaux.

IV. Moyens mis en oeuvre

La D.B. confie un grand nombre d'études à des firmes privées. Elle procède, en plus, à des essais, surtout sur les vitesses de l'ordre de 300 Km/h, dans ses propres centres de recherche : Minden, Munich, Aix-la-Chapelle.

Citons en outre plusieurs programmes de recherche qu'elle commande :

- 1.400.000 DM répartis entre plusieurs instituts et firmes pour l'étude du comportement dynamique du système roue-rail;
- 180.000 DM à l'Université de Hanovre pour l'étude de problèmes posés par les 300 Km/h;
- 340.000 DM à l'Université de Munich pour l'étude du bruit dans les tunnels des réseaux suburbains.

CHAPITRE II

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT FERROVIAIRE EN BELGIQUE

La S.N.C.B. participe aux expérimentations de matériel nouveau que lui soumettent les divers constructeurs belges en leur prêtant son matériel et son réseau.

I. Localisation de la recherche et du développement

Les firmes belges qui consacrent une part de leur activité à la recherche et au développement dans le domaine des transports ferroviaires sont principalement les Ateliers de construction électriques de Charleroi (ACEC), ABR, Brugeoise et Nivelles, Cockerill-Ougrée-Providence.

II. Principaux thèmes de recherche et de développement

2.1. Traction

- Le hacheur à thyristors : le hacheur réalise une sorte de transformateur à rapport continuellement variable. Dans le cadre de l'aide gouvernementale aux prototypes, l'Etat belge a financé 50 % du budget des recherches entreprises par ACEC sous forme d'aide remboursable en cas de succès. Le coût total de ce programme était de 750.000 FF.

- La locomotive grande vitesse à hacheur : la S.N.C.B. a passé la commande au groupement ACEC - BN (Brugeoise et Nivelles) d'une automotrice quadritension de 7.000 CV. Le budget global de l'action de BN était de 1 MF, dont 50 % ont été avancés par les pouvoirs publics, toujours dans le cadre de l'aide gouvernementale aux prototypes.

2.2. Automatisme de conduite

- Conduite des trains par vitesse imposée : Ce dispositif permet une meilleure sélection de la vitesse et une économie d'énergie. Le programme s'est déroulé de 1965 à 1967 et n'a pas été poursuivi au-delà pour des raisons de crédits, semble-t-il, ainsi que d'organisation de la S.N.C.B. Actuellement, l'étude d'une adaptation du dispositif de vitesse imposée a été entreprise pour la locomotive quadritension.

- Installations fixes : Les ACEC en 1966 ont mis au point des circuits logiques de sécurité statiques destinés à remplacer les relais électromagnétiques utilisés couramment pour la commande et le contrôle des installations fixes.

2.3. Régulation du trafic

Simultanément les efforts ont porté sur la régulation du trafic ferroviaire à grande distance et en zone urbaine. Ces études sont menées en parallèle avec celles sur la conduite automatique. Pour la conduite automatique des trains, les ACEC ont seuls supporté les dépenses de recherche, soit au total 2 MF. En revanche, pour le métro, l'Etat belge a participé pour 50 % aux dépenses de recherche pour l'année 1970.

CHAPITRE III

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT FERROVIAIRE EN FRANCE

I. Les principales orientations de la recherche

1.1. Chemin de fer classique

- augmentation des vitesses;
- automatisation.

1.2. Infrastructures nouvelles

- analyse des possibilités propres du chemin de fer sur infrastructures nouvelles;
- aérotrain;
- transport continu de marchandises solides.

1.3. Etudes économiques

- analyse des trafics par voie ferrée de marchandises et de voyageurs;
- analyse des coûts de l'augmentation de la vitesse.

II. Les principales actions de recherche et développement

2.1. L'augmentation des vitesses

C'est autour du projet de train à grande vitesse (TGV) entre Paris et Lyon sur infrastructure nouvelle que se sont effectuées la plupart des recherches dans le domaine technique. Actuellement une première phase de l'étude a vu son aboutissement dans la mise en service, début 1971, de deux prototypes de rames automotrices de TGV, mise en service qui ouvre la deuxième phase du programme. La troisième phase devrait être la mise en place de la nouvelle ligne Paris-Lyon dont la construction devait s'échelonner sur 5 années de 1973 à 1978. On sait toutefois qu'au cours d'un récent Conseil des Ministres, la mise en chantier de la nouvelle infrastructure a été reportée à 1977 ou 1978.

2.2. Recherches techniques

Les recherches techniques effectuées autour du projet Paris-Lyon ont couvert toutes les disciplines :

- Stabilité : sous ce titre sont regroupés tous les problèmes entre la voie et le véhicule.

- Aérodynamique : les études portent sur les 3 thèmes suivants : circulation isolée, croisement de 2 rames, passage à proximité de parois.

- a) les études théoriques de base sont effectuées par la Société d'études de construction de souffleries, simulateurs et instrumentation aérodynamique (SESSIA);
- b) les études de résistance à l'avancement ont été effectuées par l'ONERA.

- Adhérence : les études ont été conduites par la Direction des Etudes techniques de traction électrique pour la S.N.C.F. et le Comité ORE B44.

- Freinage : l'ensemble de ces études est mené par la Direction du matériel et de la traction. Ces études portent sur 4 types de freins connus et sur 4 systèmes nouveaux (frein rotatif à courants de Foucault, frein hydraulique, frein aérodynamique, frein sur rail à courants de Foucault).

- Traction :

- a) Turbine à gaz : développement du turbo-moteur hispano SNECMA THS 2000 et du TURBOMECA III.
- b) Moteur linéaire : La S.N.C.F. a passé commande de 2 moteurs linéaires au Groupe Jeumont-Schneider pour étudier le mode de traction destiné au rail-jet (le rail a pour seule fonction le guidage et le support, à l'exclusion de la traction).

- Organes de roulement :

- a) Diamètre des roues : L'U.I.C. a étudié de manière très complète le diamètre optimum des roues pour les grandes vitesses.
- b) Les boggies : La S.N.C.F. fait de très nombreuses études sur le comportement des boggies sur les voies de type classique, estimant qu'il est moins coûteux d'améliorer la technique des boggies que la qualité de la voie, étant donné le niveau de technicité atteint dans chacun de ces domaines.

- Infrastructure :

- a) Armement de la voie : Contrairement à ce qui est fait au Japon ou en Allemagne, la S.N.C.F. se borne à apporter des modifications à la voie classique. Peu d'études sont effectuées en France sur des techniques nouvelles de voie.
- b) Etudes sur les appareils de voie.
- c) Ouvrages d'art : renforcement des conditions de sécurité.

- Installations de sécurité - Contrôle du trafic: Actuellement, toutes les actions de recherche sont concentrées sur l'aide électronique à l'exploitation. Les programmes de recherche portent sur :

- a) la transmission,
- b) la régulation du trafic (étude de la Compagnie Internationale de l'Informatique),
- c) l'automatisation.

III. Moyens mis en oeuvre

Pour l'année 1971, le budget global des dépenses de recherche de la S.N.C.F. a été fixé à 85,9 MF, soit à peu près 0,54 % des dépenses totales d'exploitation, contre 0,50 % en 1970.

Trois centres principaux de recherche et d'expérimentation : le complexe de Vitry, le centre de Rouen, les laboratoires de Levallois.

Pour la recherche fondamentale la SNCF dispose du centre de Mitry.

Le Service de la Recherche (rattaché à la Direction générale) a un effectif de 50 ingénieurs assistés de 35 techniciens. Au niveau des directions techniques, l'effectif total est de 85 ingénieurs et 150 agents techniques.

CHAPITRE IV

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT FERROVIAIRE

EN ITALIE

Comme dans la plupart des pays, les Ferrovie dello Stato (F.S.), chemins de fer de l'Etat, se sont donnés pour objectif d'augmenter simultanément le trafic des voyageurs et le trafic des marchandises par chemin de fer. Ils mènent une politique de recherche dans 3 domaines : l'augmentation de la vitesse, la construction d'infrastructures nouvelles, l'automatisation du trafic.

Les F.S. travaillent à la réalisation de liaisons rapides entre les grandes agglomérations.

I. Actions de recherche et de développement pour la réalisation de ce programme

1.1. La traction

Les F.S. désirent doter leur réseau de locomotives et d'automotrices à grande vitesse. Une étude sur la construction d'une locomotive électrique a été confiée à la FIAT (vitesse max. : 250 km/h).

De plus les F.S., en collaboration avec les firmes E.F.I.M. Finmeccanica, Fiat et Marelli, procèdent à l'étude d'un "électrotrain" expérimental à caisse inclinable (vitesse max. : 250 km/h).

L'étude d'un turbotrain a été confiée à FERROVIARIA BREDA PISTOIESE.

En outre, d'autres études portent sur le moteur linéaire et le coussin d'air.

1.2. Le matériel

Construction en alliage léger, perfectionnement de la caisse inclinable.

1.3. Infrastructure

Construction de nouvelles lignes, amélioration des courbes, aérodynamique, technique de pose des rails sont les 4 thèmes des FS en ce qui concerne l'infrastructure.

1.4. L'automatisation

Etudes sur la signalisation et la télécommande, sur la centralisation des commandes (commande centrale du noeud ferroviaire de Bologne, commande centrale des 20 km du tunnel de l'Apennin). Etude sur la combinaison de l'ancienne et de la nouvelle ligne Rome - Florence.

II. Moyens mis en oeuvre

Les FS procèdent directement à certains travaux de recherche mais préfèrent souvent s'adresser à l'industrie privée. Cette dernière se plaint généralement de ce que, après les recherches, les commandes protent trop souvent sur un nombre réduit d'unités et que, dans ces conditions, la recherche entraîne des dépenses difficiles à amortir, même en cas de réussite.

CHAPITRE V

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT FERROVIAIRE EN GRANDE BRETAGNE

Deux domaines du transport ferroviaire font l'objet d'efforts particuliers : l'augmentation des vitesses de service et l'automatisation.

I. L'augmentation des vitesses

1.1. L'Advanced Passenger Train (APT)

Un vaste programme est en cours pour la mise au point d'un turbo-train, dit APT, susceptible de circuler à des vitesses comprises entre 200 et 250 km/h en pointe, et de relier certaines grandes agglomérations moyennant seulement de légères modifications de l'infrastructure existante.

Pour le transport des marchandises un programme de recherche portant sur la suspension des wagons a pour objectif de permettre à des trains des vitesses de 150 km/h sans dommages pour la voie.

- Etudes techniques sur les grandes vitesses : Elles ont porté sur la création d'une rame automotrice grande vitesse. Différents problèmes devaient donc être résolus :

- a) stabilité - guidage;
- b) suspension;
- c) carénage de la caisse (Laboratoire de Derby des British Railways et les Universités de Liverpool et de Leeds);
- d) freinage : un dispositif de freinage puissant doit être envisagé, qui permette à l'APT de s'adapter aux équipements de signalisation existants. Un frein hydrocinétique est en cours de développement;

e) motorisation : on aura recours à la turbine à gaz pour la propulsion. La rame comportera en tête et en queue une voiture motrice équipée de 4 turbines à gaz British Leyland.

- Le programme APT :

Le programme a démarré en 1969. Le Railways Technical Center de Derby s'est équipé d'un nouveau laboratoire destiné à éprouver le freinage et la suspension. La première rame de 4 voitures a été mise en service en 1971. Ont participé à ce programme :

- . British Leyland pour les turbines à gaz
- . Metro Cammel pour la caisse
- . Hawker Siddeley pour la suspension
- . English Electric pour certains équipements électriques.

Le service opérationnel est prévu pour 1974 après essais en 1973.

1.2. Wagons "Grande vitesse"

- A la fin de 1969 fut mise en service une voiture de passagers adaptée à 200 km/h. Elle était équipée d'une suspension secondaire à coussins d'air, de freins à disques et d'un dispositif électronique antiblocage.

- Un nouveau système de suspension à amortisseur hydraulique est étudié à Derby.

II. L'automatisation

Un programme d'une importance comparable à celle de l'APT a débuté au BRB's Electrical Research Division portant sur les problèmes de signalisation, de contrôle et du choix de stratégies de régulation.

2.1. Automatisation dans la conduite des trains

Plusieurs étapes sont prévues qui permettent une amélioration progressive :

- Amélioration du système AWS par l'adjonction d'une signalisation d'abri : doublage du signal lumineux par un signal sonore exigeant une réponse. Une ligne expérimentale a été équipée à Bornemouth pour expérimenter la signalisation d'abri. Cette ligne a été dotée aussi d'une signalisation continue en cabine;

- Liaison phonique bilatérale entre poste central et train;

- Contrôle continu de la vitesse par calculateur à bord du train;

Une ligne et une motrice sont en cours d'équipement à Derby Friar-gate pour tester ce système ainsi que la liaison phonique bilatérale.

2.2. Régulation du trafic ferroviaire

La BRB's Electrical Research Division dès 1966 a commencé à travailler sur les problèmes de régulation.

III. Autres actions de recherche et développement

3.1. Augmentation de la vitesse sur le réseau suburbain

Un prototype dont tous les essieux sont des essieux moteurs est à l'essai actuellement sur la région sud des BR.

3.2. Infrastructure de voie nouvelle

Sur un tronçon de 450 m. une voie sans ballast ni traverse a été installée à Radcliffe on Trent.

IV. Moyens mis en oeuvre par le BRB

Environ 1.000 personnes sont affectées à la R&D et les dépenses pour 1970 se sont montées à 3,5 millions de £ (2 millions de £ en 1969), soit 0,5 % des ressources annuelles des BR, pour la part qui leur revient.

Sur les deux programmes principaux (APT, et Train Control Project), la BRB reçoit une aide du Ministère de l'Environnement d'environ 40 % du coût des recherches.

CHAPITRE VI

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT FERROVIAIRE AU JAPON

L'exploitation des lignes de chemin de fer n'est pas le monopole d'une société nationale. En effet, à côté du Japan National Railways, plus de 100 compagnies privées exploitent leurs propres réseaux privés, généralement d'intérêt local. Ces compagnies sont obligées de se grouper pour mener des programmes de recherche. A l'inverse, les JNR disposent de moyens de R&D très importants.

I. Les Japan National Railways (JNR)

La totalité des recherches sont effectuées par le Railway Technical Research Institute (RTRI) dans le domaine technique. Pour ce qui concerne les interdépendances homme-machine, il est secondé par le Railway Labour Science Research Institute.

1.1. Le RTRI

C'est un bureau d'études des JNR qui est relié au Technical Development Department. Sa mission au sein des JNR est de 3 ordres :

- recherche fondamentale en laboratoire;
- collaboration au développement d'innovation technique avec les départements intéressés;
- diffusion de l'information technique.

Le programme d'activité pour 1970 visait les trains à grande vitesse (nouveaux tracés, infrastructures, aiguillages), la sécurité, l'automatisation des centres de triage et la régulation intégrée du trafic. Le budget global du RTRI a été de 39 MF pour 1969-1970. Son effectif total est de 840 personnes dont 654 chercheurs.

1.2. Le Railway Labour Science Research Institute

Il est divisé en différents secteurs :

- le laboratoire de recherche physiologique;
- le laboratoire d'hygiène et d'environnement;
- le laboratoire d'études psychologiques;
- le laboratoire d'études des systèmes homme-machine.

...

II. Principales actions de recherche et développement en cours

2.1. Programme à très grande vitesse

C'est à l'initiative du Ministère des transports que ce programme de recherche a pris naissance au cours de l'année 1970. Pour la réalisation de ce programme (doublement de la Tokaïdo Line par recours à un système à suspension magnétique), différentes recherches ont dû être entreprises :

- suspension magnétique;
- moteur linéaire à primaire incorporé à la voie;
- supraconduction nécessaire aux électro-aimants de la suspension;
- réalisation de températures très basses;
- protection contre les inductions parasites.

La construction de la nouvelle ligne Tokyo-Osaka pourrait débuter en 1975. Son coût est estimé à 24 MF/km, soit 10 fois plus que le projet Paris-Lyon.

2.2. Programme grande vitesse

C'est autour du programme de prolongation de la New Tokaïdo Line que se greffent diverses actions de R&D.

Ces actions de recherche vont s'intéresser :

- à la commande des moteurs par thyristors (Hitachi Ltd, Tokyo-Shibaura Electric C° Ltd et Mitsubishi Heavy Industry C° Ltd;
- aux nouveaux systèmes de freinage :
 - . freinage par récupération;
 - . frein sur rail à courants de Foucault;
 - . frein électromagnétique hydraulique à disques;
 - . amélioration de sous-systèmes en place sur le Tokaïdo.

2.3. Augmentation de la vitesse sur le réseau existant

Par introduction de la suspension pendulaire (une rame de trois véhicules est à l'essai), et de la turbine à gaz.

2.4. Automatisation

~ Automatisation dans la conduite des trains : après la généralisation du système ATS (Automatic Train Stopping) sur tous les réseaux, il a été placé à bord des automotrices un dispositif dit ATC (Automatic Train Control), qui compare la vitesse effective de la rame à une vitesse prédéfinie transmise à la rame sous forme de message codé par un circuit de radio.

Pour le New San-Yo Line une extension du système ATC est prévue.

- Automatisation des triages. Cette automatisation a été utilisée en vue de réaliser différents objectifs :

- a) augmentation de la capacité des centres de triage;
- b) diminution du personnel;
- c) réduction des risques d'accident;
- d) réduction du parc des wagons.

2.5. Régulation du trafic

- Système du Centralized Traffic Control (CTC). Ce système est en place sur 1.000 km de voie et permet une régulation efficace du trafic.

- Système COMTRAC. C'est un système en cours d'élaboration qui permettra l'intégration des CTC dans un dispositif de contrôle plus large.

L'ensemble de ces études sont menées par le Train Operation Department, l'Electrical Engineering Department et le RTRI.

2.6. Infrastructures de voies nouvelles

Dès 1965, une équipe fut constituée, qui se consacra à l'étude des types d'infrastructures nouvelles. Des voies sur lit de béton avaient déjà été construites dans des cas particuliers (dans le tunnel sous-marin du Kanmon par exemple).

CHAPITRE VII

LES VEHICULES A GRANDE VITESSE SUR COUSSIN D'AIR

GENERALITES :

Avantage de la sustentation par coussin d'air :

Principal avantage de la sustentation par coussin d'air : réduction très importante des effets de frottement, d'où diminution de la traînée liée au poids du véhicule et suppression quasi totale de l'usure de la voie.

Les différentes techniques de guidage du véhicule :

A . Technique française :

Le véhicule est porté par une poutre dont la section à la forme d'un T renversé. Le guidage est assuré par un rail central (partie verticale du T renversé). Dans le cas du moteur linéaire ce rail joue le rôle de plaque d'induit.

Inconvénients :

- absence de protection contre le vent latéral et de ce fait entrefer difficile à maintenir sur moteur linéaire;
- la plaque d'induit doit être épaisse.

Avantages :

- voie légère;
- dispositif de freinage très efficace et simple;
- aucun risque de décollage à grande vitesse;
- grande facilité de manoeuvre en station terminale et aiguillages faciles à réaliser.

B. Technique britannique :

Le véhicule est porté par une poutre dont la section est un U inversé. Le guidage est assuré par les parois latérales du U inversé.

Inconvénients :

- risque de décollage;
- manoeuvres difficiles dans les stations terminales;
- absence de protection contre le vent mais, contrairement à la technique française, pas de conséquence sur la largeur de l'entrefer;

...

- aiguillages difficiles.

Avantages :

- bonne stabilité, quoique sensibilité au roulis;
- largeur d'entrefer très faible;
- moins de quantité de métal pour l'induit.

C . Technique américaine :

Le véhicule est porté et guidé par une poutre dont la section est en U. Au milieu de la poutre, plaque d'induit verticale.

Inconvénients :

- risque de décollage;
- difficultés d'aiguillage;
- coût élevé de la voie;
- augmentation de la traînée.

Avantages :

- protection contre les vents latéraux;
- largeur de l'entrefer faible;
- meilleur centrage du véhicule sur la voie
- positionnement du véhicule précis par rapport à la plaque d'induit.

I. Le programme de recherche et développement en France

La Société de l'Aérotrain a repris en 1965 les activités de la Société Bertin et C°, relatives à la mise au point d'un véhicule terrestre guidé. La Société de l'Aérotrain a procédé à la création d'une filiale américaine Aérotrain Systems Inc. en collaboration avec la Rohr Corporation. Cette nouvelle société a la charge de la construction et de la commercialisation de l'aérotrain pour toute installation de ce système aux Etats Unis et au Mexique.

Au début de 1971 une nouvelle filiale a été créée en Suède dans le même but avec le groupe suédois SALEN.

Deux champs d'application ont été définis pour ce système :

1.1. Les liaisons interurbaines de moyenne distance (jusqu'à 400 km)

pour lesquelles il fut dès l'origine conçu.

En septembre 1969 a été inauguré un tronçon de ligne expérimental de 18 km, au nord d'Orléans, destiné, en principe, à amorcer une future ligne Orléans-Paris. Sur cette ligne a eu lieu l'expérimentation d'un véhicule prototype de 80 passagers de capacité, propulsé par 2 turbines aéronautiques, capable d'atteindre 300 km/h et d'opérer à une vitesse de croisière de 250 km/h.

Les estimations du coût qui ont été faites en 1967 et 1968 donnaient les principaux éléments suivants :

- coût du passager / km : 6,25 centimes sur Paris-Lyon, compte non tenu de l'amortissement de la voie,
- avec prise en compte du coût de l'infrastructure et de son amortissement calculé sur 40 ans à 8 %, le coût du passager / km était de 11,9 centimes.

La réalisation du prototype et de la voie expérimentale ont coûté globalement 34 MF., jusqu'au 1er janvier 1971, y compris 1 MF. de campagne d'essais. Tandis que 70 % des frais d'investissement ont été assumés par l'Etat (DATAR), les frais d'expérimentation ont été financés à 50 % à la fois par la DATAR et la SNCF.

Perspectives de développement :

- Recherche et développement :

- (i) . Au niveau de la R&D, des études importantes restent à faire sur le mode de propulsion. On a déjà mentionné la mauvaise adaptation de l'hélice à ce type de propulsion. Des recherches seront poursuivies dans deux directions. A brève échéance un réacteur à double flux, pour assurer l'insonorisation, du type Pratt et Whitney ou Rolls Royce devrait remplacer l'ensemble turbine-hélice et l'organe de transmission. Ce dispositif serait susceptible de développer une poussée plus importante et de permettre d'atteindre une vitesse de croisière de 360 km/h.
- (ii) . A plus long terme la propulsion pourrait être assurée par moteur linéaire ; toutefois il n'existe pas de moteur linéaire de grande puissance développée ; d'autre part, au delà d'une vitesse de 250 km/h la captation de l'énergie électrique posent des problèmes ardues qui ne seront pas aisément résolus dans un proche avenir. Cette difficulté est l'une des raisons de l'application de la turbine à gaz à la traction ferroviaire.
- (iii) . Un système nouveau de signalisation tenant compte de la grande vitesse de circulation des véhicules devra être mis au point. Il sera constitué d'un dispositif émetteur-récepteur de bord fonctionnant suivant un principe analogue à celui du radar, basé sur la réception d'un écho, mais avec un guidage bifilaire permettant de s'affranchir des problèmes de transmission rectiligne et de s'adapter aux courbes. Ce dispositif donnera à chaque véhicule la possibilité de connaître à tout instant, sa position, sa vitesse et son accélération par rapport au véhicule qui le précède.

- Perspectives commerciales :

Actuellement aucun projet concret d'implantation d'une ligne interurbaine n'a été retenu. De nombreuses études préliminaires ont toutefois été faites, notamment pour Paris-Orléans, Paris-Lyon, Milan-Turin, Rio-Sao Paulo. Une société d'étude devrait être créée prochainement pour examiner l'opportunité d'une liaison interurbaine par aérotrain entre Dunkerque, Lille et Valenciennes : ses conclusions seraient attendues pour 1974.

Dans le cadre des études de la liaison grande vitesse Hambourg-Münich, la Société de l'Aérotrain se verrait confier par la Hochleistungsschnellbahn Gesellschaft une étude de cette liaison par l'Aérotrain interurbain.

1.2. L'aérotrain suburbain

En décembre 1969, un véhicule suburbain prototype a pu être mis en service sur un tronçon de voie spéciale de 3 km, à Gometz.

Une phase d'essais et de mise au point est actuellement en cours.

...

Les principales caractéristiques de ce type d'aérotrain sont les suivantes :

- véhicule de 44 passagers, vitesse maximum de 200 km/h et vitesse de croisière de 180 km/h
- sustentation assurée par un moteur Chrysler V8 mais une motorisation électrique est possible
- propulsion assurée par moteur linéaire Merlin-Gérin de 350 kw
- guidage par rail-guide en aluminium.

Les estimations de coût de l'infrastructure sont très variables suivant la plus ou moins grande densité du tissu urbain traversé. Pour la liaison Orly-Roissy, le coût du km de voie double était estimé à 8,5 MF.

Globalement les pouvoirs publics ont apporté une aide de 60 % du montant des dépenses engagées dans le programme de l'aérotrain suburbain, le coût total du programme ayant été de 6,6 MF.

Les perspectives d'application se sont rapidement révélées très nombreuses à travers le monde entier et des études ont été faites sur plusieurs projets de liaison : Amsterdam-Schipol, Amsterdam-La Haye, Caracas-Côte, aire métropolitaine de Marseille, Los Angeles-San Fernando Valley, Orly-Roissy, Stockholm-Arlanda, etc... C'est finalement sur la liaison La Défense-Cergy Pontoise (banlieue parisienne) que la première ligne d'aérotrain suburbain sera construite (décision des pouvoirs publics français de novembre 1971). Cette ligne de 26 km devra être mise en exploitation en 1977 au plus tard. Le coût de l'infrastructure, en voie double, stations comprises, devrait être d'environ 12 MF. / km. Il est prévu d'y faire circuler 50 véhicules accrochés deux par deux (coût d'un véhicule : 2 MF.), et éventuellement plus tard de grouper les véhicules par rames de quatre. Le débit escompté est de 30.000 passagers / jour au début, et de 60.000 en 1980. Le coût d'exploitation serait de 30 centimes au passager / km, y compris l'amortissement de l'infrastructure.

Aux Etats Unis, le DOT a passé en février 1972, un contrat de 5 M. \$ avec Rohr Industries (associée de Bertin et Cie pour l'exploitation des brevets Bertin) pour la construction d'un prototype d'aérotrain suburbain capable d'atteindre 250 km et de transporter quarante passagers. La ligne qui sera choisie pour l'exploitation de ce véhicule reste à déterminer.

II. Le programme de recherche et développement en Grande-Bretagne

Les études préliminaires sur les véhicules guidés à coussin d'air furent menées par H D L (Hovercraft Development Ltd) filiale du N R D C (National Research Development Corporation) dès 1961. En 1967 le H D L abandonnant ses activités de recherche, sa division "Tracked Hovercraft" fut constituée en filiale du N R D C.

2.1. Etat d'avancement des recherches

Sur un tronçon de 4,5 km de voie expérimentale, une première phase d'essais se déroule depuis l'automne 1971, avec un premier véhicule prototype à moteur linéaire, qui devrait atteindre 250 km/h. Lorsque la voie sera prolongée jusqu'à 13 km, il est prévu d'atteindre 400 km/h. Le programme porte donc sur un système interurbain dont la mise au point finale est envisagée pour 1974 - 1975.

Les caractéristiques du système (Hovertrain) sont les suivantes :

- voie en U renversé, poutre de béton précontraint creuse à section rectangulaire. La face horizontale supérieure est munie d'une plaque d'acier horizontale encastrée au centre qui sert de secondaire pour le moteur linéaire;

...

- le coût de la voie expérimentale est de 55.000 £ / km;
- véhicule de 100 passagers;
- sustentation assurée par deux coussins d'air à jupe périphérique, alimentés par 4 turbocompresseurs de 160 CV., quatre autres turbocompresseurs assurant le guidage. L'ensemble nécessite 1.300 CV.;
- propulsion par moteur linéaire de 3.000 CV. dans la phase finale (moteur américain Garrett construit en Grande-Bretagne par English Electric);
- coût du premier véhicule : 170.000 £, coût du second : 200.000 £.

2.2. Perspectives de développement

Il ne semble pas qu'il soit envisagé, pour l'instant, une exploitation du Hovertrain en Grande-Bretagne. En revanche le marché américain pourrait se révéler intéressant et d'ores et déjà, un contrat d'étude a été passé à Tracked Hovercraft par le DOT (O H S G T).

III. Le programme de recherche et développement aux Etats Unis

Les études préliminaires :

Après être restés longtemps observateurs, les résultats encourageants des travaux effectués, tant en France qu'en Grande-Bretagne, ont récemment conduit les Pouvoirs Publics (Department of Transportation) à prendre la décision de lancer un programme de recherche de grande envergure dans le domaine des véhicules guidés sur coussin d'air. D'après les experts du Ministère des Transports (DOT), le turbotrain ou le train électrique traditionnel sont bien adaptés au domaine des vitesses inférieures à 350 km/h. L'objectif principal des études qui sont entreprises sur la sustentation par coussin d'air est la mise au point d'un système de transport susceptible de réaliser des vitesses comprises entre 450 et 500 km/h. Des études de faisabilité confiées par le DOT à la General Electric Company et à la Société LTV Inc. ont montré que le projet était réalisable et qu'en particulier, le confort de l'utilisateur à 500 km/h serait excellent, même sur une piste moins régulière que les voies de chemin-de-fer actuelles.

3.1. Avancement des travaux

La firme Grumman a été chargée par l'Office of High Speed Ground Transportation (O H S G T) de l'étude de la construction d'un prototype, dont l'expérimentation devrait commencer fin 1972 à Pueblo. Dans une première phase ce prototype devra atteindre 320 km/h sur une voie de 12,5 km ; la deuxième phase visera 480 km/h sur 34 km de voie. Garrett est chargé du moteur linéaire de 7.500 CV. Le système de captage du courant à grande vitesse est étudié par le MIT.

Il devra être procédé, d'autre part, à une étude non seulement de la sustentation par coussin d'air, mais encore de la sustentation électromagnétique, de la propulsion par moteur linéaire ou encore de la circulation en atmosphère raréfiée.

Les dépenses publiques ont atteint un montant d'environ 28 MF en 1970 et autant en 1971 ; elles pourraient être de 35 MF en 1972. Toutefois il convient de noter qu'on atteint 40 MF en 1970 si on inclut les dépenses pour le moteur linéaire. Ce dernier montant de 40 MF représente, pour 1970, environ 60 % de l'ensemble des dépenses de R.D. en matière de transport terrestre à grande vitesse.

...

3.2. Perspectives de développement

A moyen terme, il semblerait que les premières réalisations opérationnelles de liaison par véhicules à coussin d'air se fassent dans le cadre de la desserte d'aéroports (Washington et Los Angeles notamment).

IV. Le programme de recherche et développement en Allemagne

La technique de la sustentation par coussin d'air est étudiée dans le cadre de la "Hochleistungsschnellbahn (HSB),

Par ailleurs, la Société Krauss Maffei a été chargée par le Ministère Fédéral des Affaires Scientifiques de procéder à une étude comparative approfondie des sustentations par coussin d'air et par coussin magnétique.

V. Le programme de recherche et développement en Italie

En Italie, des recherches sont menées par l'Institut d'Aéronautique de l'Université de Palerme, pour le développement d'un véhicule guidé sur coussin d'air.

Des essais doivent être prochainement effectués sur une voie d'environ 1.300 m, avec un prototype " I.A.P.3 ", propulsé par moteur linéaire qui pourra atteindre une vitesse de l'ordre de 250 km/h.

CHAPITRE VIII

LES VEHICULES A GRANDE VITESSE A SUSTENTATION MAGNETIQUE

I. Les programmes de recherche en Allemagne

Deux firmes ont entamé, sans soutien financier à l'origine, des recherches sur les techniques nouvelles destinées à permettre de concevoir de nouveaux systèmes de transport très rapide : ce sont "Krauss Maffei" et le groupe Messerschmitt - Bölkow - Blohm (MBB). Leur programme a porté principalement sur le moteur linéaire, la sustentation magnétique et la sustentation par coussin d'air.

Récemment, le Ministère de la Recherche, pour soutenir ces actions, a créé un groupement de 10 entreprises, le "Birlinghovener Kreis", qui comprend évidemment Krauss Maffei et MBB.

1.1. Etat d'avancement

- Krauss Maffei dispose actuellement de quelques modèles réduits construits pour étudier la faisabilité du système de sustentation magnétique. La firme compte développer ce système au sein de deux programmes "Transrapid" et "Transurban".

- M.B.B. a procédé à des essais d'un prototype sur une voie de 600 m de long, depuis avril 1971. Le coût du développement de ce programme est voisin de 6 M DM. Les caractéristiques principales sont :

- voie : deux profilés longs (12 m) en acier à section en L fixés à des traverses en bois par des étriers en acier en forme de U. Les surfaces horizontales des profilés longs servent à la sustentation. Une plaque centrale fixée sur les traverses sert de secondaire au moteur linéaire ;

- véhicules en aluminium. Sous le châssis sont fixés, latéralement, les supports en L des électro-aimants de sustentation et de guidage. M.B.B. étudie une solution de remplacement de ces électro-aimants moins coûteuse, basée sur l'utilisation des supraconducteurs.

1.2. Perspectives de développement

- Krauss Maffei. Le Ministère Fédéral des Affaires Scientifiques lui a confié une étude pour établir la comparaison des systèmes de sustentation sur coussin d'air et sur coussin magnétique. Pour cela, Krauss Maffei va construire une voie et un véhicule d'essais bivalents, s'adaptant facilement aux deux systèmes. Dans une première phase, la voie aura 1.000 m. Le véhicule et la voie seront dimensionnés pour une vitesse maximale de 350 km/h, mais la longueur de la voie ne permettra pas d'atteindre cette vitesse.

Pour pouvoir choisir le meilleur système on examinera et composera les points suivants :

- a) l'environnement;
- b) la sécurité;
- c) les coûts.

Les problèmes tels que l'aiguillage, le passage sous les tunnels, le croisement des trains, etc..., ne pourront pas être étudiés sur cette première installation d'essais.

Avant de connaître les résultats de ces études comparatives, il semble que le Gouvernement Fédéral ait pris une option décisive en accordant un crédit de 270 M. DM pour la mise au point du système Transrapid à coussin magnétique et moteur linéaire, et la construction d'un circuit expérimental de 60 km. de long. Les crédits prévus viennent récemment d'être portés à 400 M. DM.

- M.B.B. : avant de poursuivre le développement du système, une longue phase d'expérimentation et de mesures interviendra.

II. Autres programmes de recherche

2.1. Aux Etats Unis

Les études sont menées principalement par le Stanford Research Institute, mais elles restent actuellement au stade du laboratoire.

2.2. Au Japon

Un très vaste programme a été lancé sous l'égide des J N R et du Ministère des Transports. Les études sont conduites par Toshiba sur la réalisation d'aimants à l'aide de supraconducteurs à hélium liquide. Actuellement une voie expérimentale de 7 km. et un véhicule prototype pouvant atteindre 500 km/h sont en construction. L'achèvement du prototype est prévu pour 1973. Le coût de l'installation est estimé à 56 MF.

Les firmes Hitachi, Mitsubishi Denki et Fuji Denki font aussi des recherches, mais sans coordination entre elles.

...

Titre II

Les systèmes de transport terrestre

Sous-Titre 2

Les systèmes de transport en agglomération urbaine

Le classement des différents modes de transport en agglomération urbaine se heurte à des difficultés de répartition par critères rigoureusement étanches. Le classement retenu ici vise surtout une distinction d'ordre pratique entre trois grandes catégories :

- I. Systèmes de transport urbain et suburbain collectif guidé
- II. Transports hectométriques et transports continus
- III. Transports autonomes.

CHAPITRE I

SYSTEMES DE TRANSPORT URBAIN ET SUBURBAIN COLLECTIF GUIDE

I. Allemagne

a) Automatische Kabinenbahn

1. Généralités

L'Automatische Kabinenbahn est un système conçu par la firme allemande MBB pour le transport à courtes distances en agglomération urbaine.

Le système est composé de cabines de deux à trois places circulant de manière entièrement automatique sur une voie spécialisée sans croisement.

2. Coût

Les investissements nécessaires à la réalisation d'un km de voie à double sens ont été estimés à environ 4 millions de DM.

3. Principales caractéristiques

Voies à niveau ou en souterrain, mais surtout conçues en surélévation.

Véhicules en matière plastique. Propulsion électrique alimentée par rail. Vitesse normale : 36 km/h. Mode de sustentation encore indéterminé.

Débit : 3.600 personnes / heure. Automatisation totale du trafic. Fonctionnement à la demande.

Une ligne expérimentale est envisagée à Fribourg (10,6 km).

b) Transurban

Ce système fait l'objet de R.D. chez Krauss Maffei, concurremment avec le programme Transrapid. La sustentation est électro-magnétique, la propulsion assurée par moteur linéaire et la voie en surélévation.

II. France

a) Aérotrain suburbain

Les développements relatifs à ce système se trouvent dans le sous titre 1, consacré aux transports interurbains à grande vitesse.

b) AT 2.0001. Généralités

Le projet AT 2.000 est un système qui tout en ayant des possibilités de débit analogue à celles d'un métro, rend un service d'une qualité supérieure (vitesse commerciale beaucoup plus élevée). Son principe est le suivant :

- des rames, dites "rames transporteuses" parcourent une ligne sans s'arrêter ;
- d'autres rames, dites "rames chargeuses" parcourent la ligne en desservant toutes les stations ; entre les stations elles s'accouplent avec les rames transporteuses et permettent ainsi un échange de passagers entre les deux rames.

Le système AT 2.000 associe donc un débit important (20.000 à 50.000 voyageurs par heure) à une vitesse commerciale élevée (à peine inférieure à la vitesse de pointe qui pourrait être de 50 à 70 km/h).

2. Coûts (prix de 1970)

Les coûts suivants correspondent à un projet établi pour la ville de Marseille. Ce projet consiste en une ligne de 11,250 km comportant 15 stations. Ces coûts sont présentés en comparaison avec une solution de métro classique assurant le même débit (20.000 à 30.000 p/h) :

- 710 MF d'investissements pour un métro classique
- et - 775 MF pour l' AT 2.000.

Les coûts d'exploitation seraient de 34,79 MF pour un métro classique, et de 45,26 MF pour l' AT 2.000.

Le concepteur de l' AT 2.000 Automatisation et Technique, justifie cependant le choix de son système par le coût généralisé qui prend en compte la "valeur du temps" des usagers.

3. Avancement des travaux

Les études en sont arrivées au stade de la conception du système ; l'exploitation a été définie de manière très détaillée, mais les caractéristiques techniques de l'infrastructure et des véhicules doivent encore faire l'objet d'études complètes.

c) Minitube1. Généralités

Le minitube est un système de transport comportant des rames de véhicules de faible gabarit qui circulent sur une voie métrique de type classique.

La vitesse maximum est de 72 km/h adaptée à des interstations de 1 à 2 km. Le système est conçu pour des débits compris entre 6.000 et 12.000 p/h.

2. Coûts

- infrastructure (voie double et rail d'alimentation) : 4 à 5 MF / km en surélévation ; 5 à 8 MF en tranchée enterrée ; 7 à 10 MF en tunnel ;
- rame de 6 véhicules : 0,9 MF ;
- passager / km : 0,165 F.

...

3. Avancement du projet

La SNCF (Région Nord) est le promoteur du Minitube, les études ont consisté essentiellement en :

- une définition du système ;
- une étude technique sur la propulsion et l'automatisation ;
- une analyse des coûts.

d) SAFEGE

1. Généralités

C'est un système de transport en commun permettant d'assurer un débit élevé. Son domaine d'application est très voisin de celui du Métro. Sa vitesse de pointe est de 80 km/h et permet d'obtenir une vitesse commerciale de 45 à 60 km/h suivant les caractéristiques de la ligne. Avec une ligne à voie double un débit de 30.000 personnes dans chaque sens à l'heure de pointe peut facilement être atteint.

2. Coûts

- infrastructure (en surélévation) : 4,27 MF / km voie simple ;
- coût du parc de véhicules par km de ligne simple : 3 MF pour un débit de pointe de 20.000 personnes / h.

3. Caractéristiques

Monorail suspendu. Véhicules de 100 places dont 50 assises. Propulsion électrique par moteurs à courant continu. Suspension pendulaire. Vitesse maximum de 80 km/h. Des systèmes SAFEGE à vitesse maximum plus élevée (120 km/h) peuvent être envisagés pour des liaisons suburbaines comme ville - aéroport.

4. Etat d'avancement du projet

Une ligne de démonstration en vraie grandeur a été construite à Châteauneuf-sur-Loire (1,3 km.).

Deux lignes commerciales ont été construites au Japon par le groupe licencié de SAFEGE (Mitsubischi) :

- une ligne de 800 m. depuis 1964 dans le parc de Nagoya
- une ligne de 7,5 km en voie simple depuis 1970 entre Nagoya et Katase.

Divers projets sont à l'étude dans plusieurs pays. Aux Etats Unis la General Electric, licenciée de SAFEGE, étudie la liaison San Francisco - aéroport (24 km pour lesquels le temps de parcours serait de 15 minutes).

e) SERI / Saunier-Duval

1. Généralités

Le système présenté par la SERI et la Société Saunier-Duval est destiné à des transports de l'ordre du kilomètre. Il a été conçu en vue de sa mise en service à l'Aéroport de Paris-Nord (Roissy-en-France).

2. Caractéristiques

Vitesse de 36 km/h. Propulsion et guidage assurés par deux couples de roues horizontales munies de pneumatiques, avec moteur électrique asynchrone de 80 CV. sur chaque couple. Véhicules à marche automatique programmée, circulant sur une voie en béton comportant deux bandes de roulement et une nervure centrale de guidage.

3. Etat d'avancement

L'origine des études remonte à 1965. Elles ont été financées par l'Aéroport de Paris, en vue de la desserte interne de l'Aéroport de Roissy.

Le système est en concurrence avec le Transit Expressway de Westinghouse, pour la desserte des liaisons unité centrale - aéroport satellites de Roissy.

f) Télé-rail

1. Généralités

Ce type de transport est composé de cabines de faible capacité guidées et supportées par un monorail ; le système de propulsion est liée à l'infrastructure. En ligne, ces cabines sont tractées par un câble ; la vitesse maximum est de 50 km/h. Le débit est variable selon le mode d'embarquement des passagers ; il est compris entre 4.000 et 30.000 p/h.

2. Coûts

Un km de voie double : 2,7 MF.

Pour un débit de 10.000 p/h, il faut 80 cabines, soit 1,2 MF/km (une cabine vaut 15.000 F.).

3. Caractéristiques

Exploitation entièrement automatique. Voie monorail en acier. Soit entraînement par câble, soit entraînement par cylindre tournant.

Les cabines sont de faible capacité (8 à 10 personnes debout ou 4 assises).

4. Avancement

En 1963 l'Aéroport de Paris a demandé à Neyrpic d'examiner l'adaptation des télécabines au transport des passagers entre aéroport central et satellites à Roissy.

Actuellement, stade du modèle d'étude avancé.

Un programme d'étude très complet est prévu pour les années à venir. Il consiste en la réalisation d'un réseau prototype de plus de 600 m. de développement comprenant toutes les difficultés et tous les points particuliers prévus. L'étude de ce réseau permettra d'expérimenter toute la technologie du projet et de simuler l'exploitation d'un réseau.

Les Etablissements NEYRPIC estiment que cette étude pourrait arriver à son terme à la fin de 1973. Une première ligne commerciale pourrait alors être terminée à la fin de 1973.

g) URBA

1. Généralités

Ses caractéristiques essentielles sont :

- (i) un système de propulsion par moteur linéaire
- (ii) une suspension originale : système "DYNAVAC" de suspension "sous coussin d'air".

Le premier modèle susceptible d'être mis en service commercial est l'URBA 30. Sa vitesse maximum est de 80 km/h et il est capable d'assurer un débit qui peut varier de 3.000 à 10.000 p/h suivant la longueur des rames. La capacité du véhicule est de 30 passagers dans cette version. Une autre variante, l'URBA 100, est prévue (vitesse maximum 100 km/h) dont la capacité des véhicules serait de 100 à 150 places.

2. Coûts

Le kilomètre de voie double est estimé de 1,2 à 1,5 MF. pour l'URBA 30 et de 2 à 2,5 MF pour l'URBA 100, stations non comprises.

Le coût d'achat du parc de rames pouvant assurer un débit de 5.000 p/h est estimé, par km de voie double, à environ 1,5 MF.

Le coût du passage/km serait compris entre 0,13 et 0,17 F.

3. Caractéristiques

Propulsion assurée par une série de moteurs linéaires d'une puissance totale de 80 KW. par véhicule.

Suspension assurée par système Dynavac et par système secondaire de suspension pendulaire.

Aux heures de pointe une exploitation par rame de 3 à 6 véhicules URBA 30 permettrait d'écouler un trafic de 3.000 à 10.000 personnes/h, et la version URBA 100 pourrait atteindre 30.000 p/h.

4. Avancement

L'inventeur de l'URBA est M. Maurice Barthalon (Professeur à l'Ecole Centrale Lyonnaise) qui a fondé en 1966, pour le développement de ses inventions, la Compagnie d'Energétique Linéaire (C.E.L.) et la Société d'Etudes des Electrocompresseurs (S.E.L.E.C.); une filiale britannique Powercels Ltd. a vu le jour en 1967. Ces trois Sociétés constituent le groupe M.B. qui est le Maître d'Oeuvre de l'URBA.

Les études relatives à l'URBA en sont au stade des modèles d'étude. Plusieurs ont déjà vu le jour et ont été présentés dans les locaux de l'Ecole Centrale Lyonnaise. Le dernier en date est l'URBA 8 qui peut évoluer jusqu'à une vitesse maximum de 20 km/h sur une voie de 30 m.

Le promoteur de l'URBA affirme que ce système pourrait devenir opérationnel et être exploité dans un avenir très proche (une ligne devait être un moment envisagée à Lyon).

Depuis 1967 l'Etat, en participant aux marchés d'études ou à la R.D., a contribué pour 5,88 MF aux dépenses par l'intermédiaire de la DATAR et surtout de la DGRST.

III. Grande-Bretagne

Automatic Rail Taxi (Brush Electrical Engineering)

1. Généralités

Le système utilise de petites voitures circulant sur une voie entièrement fermée. Les voitures, totalement automatiques, se dirigent directement vers la station destinataire sans aucun arrêt intermédiaire.

2. Caractéristiques

Voitures de 4 voyageurs assis. Coques autoportantes avec roues à pneus. Propulsion par moteurs électriques (2 de 5 CV chacun). Vitesse maximum de 56,5 km/h.

Guidage par rail d'alimentation situé au-dessus du véhicule.

Système fonctionnant à la demande.

Capacité maximum de 10.000 passagers / heure.

3. Avancement

Le système Automatic Rail Taxi est étudié par Brush Electrical Engineering Co Ltd. à Loughborough. Seules les caractéristiques générales de base des véhicules, de la voie, des stations, des équipements, du poste central, ont été analysées. Il n'existe pas de prototype.

IV. Italie

1. Généralités

Le projet proposé par la Société pour la Strada Guidata est un système qui améliore sur plusieurs points le chemin de fer conventionnel :

- possibilité de franchir des pentes de 10 à 12 %
- marche silencieuse
- possibilité de franchir des courbes de rayon 40-50 m sans résistance additionnelle
- matériel roulant léger.

2. Coûts

D'une façon générale le système SSG est susceptible d'apporter, par rapport au chemin de fer conventionnel, une économie de :

- 5 % pour la construction (non compris le viaduc pour lequel une économie devrait être aussi possible du fait du rapport des poids du matériel roulant)
- 20 % pour l'exploitation (non compris l'amortissement du viaduc).

3. Infrastructure

Voie constituée de deux pistes en béton armé avec deux barres de guidage latérales en béton armé également.

Aiguillage très simple.

Véhicules de 215 voyageurs. Traction assurée par deux moteurs de 120 KW. Suspension à air comprimé.

Principe de fonctionnement identique à celui du métro, mais possibilité supplémentaire d'utilisations bimodales (hors guidage), quoique limitées par le rayon des virages (40 m.).

4. Avancement

Le système S.S.G. a déjà été réalisé en vraie grandeur à Chivasso près de Turin. Une piste de 1.100 m concentrant des difficultés supérieures à celles que l'on rencontre pratiquement et deux voitures à quatre essieux ont déjà été expérimentées avec succès. Seuls des points de détail sont en cours de perfectionnement.

La S.S.G. a été constituée par Italcementi, Montecatini-Edison et Pirelli.

V. Espagne

Le train vertébré

1. Généralités

Le Train Vertébré est un système de transport en commun en site propre faisant appel à des technologies originales. Ses principales caractéristiques sont d'une part sa légèreté due à sa construction en résine de polyester, d'autre part la position relative des rails de roulement et de la rame. Les rails étant situés à mi-hauteur des véhicules le centre de gravité de ceux-ci est dans le plan de roulement ; ceci leur confert une très bonne stabilité mais en revanche constitue un obstacle contraignant à leur accessibilité.

Les véhicules ou "vertèbres" ont une capacité de six places assises. Ils sont associés en rames.

2. Coûts

On ne possède pas d'indication sur les coûts du système aussi bien en ce qui concerne les investissements que les coûts d'exploitation. On peut cependant penser que le coût de l'infrastructure doit être relativement faible étant donné la légèreté des véhicules. Les rames sont constituées d'un assemblage de petits modules identiques. Une fabrication de grande série permettra une réduction des prix de revient.

Mais les stations doivent être relativement coûteuses. Le système dans son état actuel est donc adapté à des interstations assez grandes (plusieurs kilomètres).

3. Caractéristiques

Vitesse de 85 km/h. Moteurs électriques de 15 KW. (2 par "vertèbres")
Roues pneumatiques. Toutes les roues porteuses sont motrices.

Débits de 1.800 à 7.200 passagers/heure suivant que l'on adopte des roues de 10 à 40 vertèbres.

4. Avancement

Le système a été conçu par l'ingénieur espagnol Goicoechea qui est aussi l'inventeur des trains Talgo qui circulent en Espagne.

Des études complémentaires en vue de la construction d'un prototype ont été confiées à la Société Brissonneau et Lotz. Le prototype a été construit par cette société dans son usine de La Rochelle. Il se compose de trois vertèbres intermédiaires et d'une vertèbre d'extrémité avec cabine de conduite. L'intervention de Brissonneau et Lotz a duré deux ans et demi entre le début des études techniques et la livraison du prototype. Ce prototype a fait l'objet d'une campagne d'essai de six mois à Vittoria en Espagne. Une société s'est constituée pour assurer le développement et la commercialisation du système, la Société Anonyme du Train Vertébré (Madrid).

VI. Suisse

a) Minirail Habegger

1. Généralités

Le minirail Habegger est un moyen de transport monorail en position "à califourchon" (les véhicules roulent sur un rail sur lequel ils s'appuient latéralement par des galets de guidage).

2. Coûts

Le km de voie double, en surélévation, coûte 3,25 MF.

Le prix d'une rame de 6 véhicules (150 places) est de 0,65 à 0,75 MF. Pour assurer un débit de 6.000 p/h, le coût des véhicules par km de ligne serait d'environ 2 MF.

Le coût d'exploitation serait de 0,125 F. au passager / km, correspondant à un trafic journalier de 45.000 personnes.

3. Caractéristiques

Chaque véhicule comporte 10 places assises et 15 places debout. Propulsion par 14 moteurs électriques (1 par essieu) pour une rame de 6 véhicules. Suspension pneumatique. Exploitation par rames se succédant à fréquence variable en fonction de la demande.

Les vitesses varient de 12 km/h à 50 km/h suivant les types de minirail retenu (4 types existants).

4. Avancement

Conçu en vue de l'exposition nationale Suisse de 1964 à Lausanne, le minirail est dû à la Société Habegger, de Thoun (Suisse). Outre Lausanne, où 3 circuits ont fonctionné pendant 6 mois en 1964 et ont transporté plus de 12 millions de passagers, d'autres réalisations ont vu le jour :

- exposition de Montréal en 1967
- parcs d'attraction de Sacramento (Etats Unis), Black Pool (Grande-Bretagne), Korakuen (Japon), Fuji-Highland (Japon)
- chocolaterie Hershey (Etats Unis)
- exposition internationale des transports à Munich.

Un projet de desserte de la ville nouvelle de Lille-Est a été proposé.

b) Orbit

1. Généralités

Le système Orbit a pour but un transport en commun semi-aérien, à vitesse commerciale relativement élevée. Les voitures, équipées de pneumatiques, sont caractérisées par leur très faible gabarit.

2. Coût

Le coût d'un km de ligne, pour un débit de 6.000 voyageurs à l'heure, serait de 0,846 MF.

3. Caractéristiques

Chaque véhicule est automoteur et à adhérence totale ; il comporte 4 places assises. Les véhicules sont groupés par rames de 10 voitures. La vitesse maximale est de 72 km/h pour une vitesse commerciale de 37,5 km/h.

Exploitation sur horaire fixe, avec personnel de surveillance à bord.

4. Avancement

Le système Orbit est mis au point par l'Ingénieur Conseil Thaon (Montreux Clarens - Suisse).

Des réalisations sur maquette existent ainsi que des modèles de voiture en grandeur réelle.

VII. Etats Unis

a) Aerial Transit System (ATS)

1. Généralités

L'Aerial Transit System (ATS) est un moyen de transport rapide, destiné à relier des stations distantes d'au moins 4,8 km. Une étude a été faite pour la liaison entre Kansas City et son nouvel aéroport : Kansas City International (K.C.I.) (31 km.).

L'originalité du système consiste en la suspension par des câbles des rails de roulement.

2. Coûts

Le coût de la voie simple serait de 4 à 5 MF / km. Le véhicule de 80 places coûterait environ 2 MF.

3. Caractéristiques

Propulsion par 4 moteurs à courant continu de 110 KW. Vitesse maximale : 200 km/h.

Le système ATS est destiné au transport des passagers des lignes aériennes, du centre ville directement à la porte d'embarquement de l'aérogare.

Capacité : 1.800 p/h pour un coefficient de remplissage de 100 %.

4. Avancement

Le système ATS est étudié par Aerial Transit Inc. pour la liaison entre Kansas City et le nouvel aéroport de cette ville.

La construction d'un véhicule prototype est envisagée ainsi que celle d'une portion de voie de 4,8 km.

b) Alden Capsule Transit System

1. Généralités

Le système Alden est étudié par Alden Self Transit Systems Corporation à Bedford dans le Massachussets. La capsule Alden est un petit véhicule indépendant, circulant en site propre, entièrement automatisé et fonctionnant sur demande : de la station de départ, elle arrive directement à la station d'arrivée sous le contrôle d'un ordinateur central.

2. Caractéristiques

Deux sortes de véhicules : 6 passagers ou 15 passagers. Ils atteignent 56 km/h. La propulsion est assurée par moteurs hydrauliques dont la pompe est entraînée par un moteur synchrone.

Sur une ligne à vitesse commerciale de 48 km/h, la capacité est de 1.300 véhicules à l'heure, soit 7.800 p/h.

3. Avancement

Une ligne et des véhicules prototypes existent et fonctionnent actuellement à Bedford ; les caractéristiques de cette installation sont les suivantes :

- longueur de la ligne : 1.000 pieds (300 m au niveau du sol et complètement équipée en automatismes fixes);
- deux stations;
- deux véhicules automatiques;
- commande par un ordinateur PDP - 8/L.

Depuis 1970, Alden développe le software nécessaire et étudie des contrôles redondants qui améliorent la sécurité.

c) Bayer Hi-Level

1. Généralités

Le système est constitué par un véhicule de grande dimension accroché suspendu à des berceaux munis de roues en acier qui reposent sur deux rails parallèles montés de part et d'autre d'une poutre métallique.

Les roues sont entraînées par des moteurs électriques alimentés par pantographe à partir d'un rail conducteur situé sous la poutre.

Le concepteur précise qu'il s'agit d'un système de transport entièrement automatique et contrôlé par ordinateur central ; mais il ne donne aucun détail supplémentaire sur les automatismes et le software du système.

2. Principales caractéristiques

La vitesse pourrait être de 400 km/h. Véhicules de 180 passagers groupés par rames de trois.

La propulsion est électrique.

Le système pourrait assurer des transports suburbains ou interurbains.

d) Dashaveyor Transit and Cargo Systems

1. Généralités

Conçu à l'origine pour le transport de matériaux en vrac (cas de mines) le système Dashaveyor a développé un train de roulement spécial comprenant des roues porteuses sur la voie et des roues de serrage en-dessous de la voie.

Le système a été adapté pour le transport de personnes, le transport de marchandises ou le transport mixte. Il comprend de petits véhicules automatiques à traction électrique avec un fonctionnement continu ou sur demande.

Le système Dashaveyor proposé pour la ville de Nimbus est un transport mixte (personnes et marchandises) assurant durant les périodes de pointe un débit de 2.700 personnes à l'heure.

2. Caractéristiques

Véhicule de 24 personnes (12 assises et 12 debout). De nuit, ce système écoule des marchandises en conteneurs, à partir de véhicules spéciaux.

Propulsion par moteurs électriques à courant continu (2 moteurs de 30 CV. par véhicule). Vitesse maximale : 61 km/h.

3. Avancement

Des simulations ont été faites pour la dynamique du véhicule. Les diagrammes de marche des trains sur la ligne (825 m) sont fournis mais le système n'est pas encore construit.

e) Gravity-Vacuum Transit System

1. Caractéristiques générales

Le Gravity-Vacuum Transit System est étudié par T.T.C. (Tube Transit Corp.). Deux versions, Mark 4B et Mark 3B, sont proposées pour des agglomérations de tailles différentes. Mark 4B peut assurer un débit de 50.000 passagers par heure dans chaque sens, Mark 3B la moitié environ. Ce sont des trains sans moteurs, circulant dans des tubes d'acier où une forte dépression est maintenue par des pompes, sous l'effet de la pesanteur et de la pression de l'air.

2. Coûts

Un projet a été étudié dans la région de New York donnant une estimation de 80 MF/km, notablement supérieur à celui du métro classique.

3. Caractéristiques

Les trains sont constitués de 20 voitures de forme cylindrique. Sustentation et guidage de même type que pour le chemin de fer classique. Un train comporte 800 places assises et autant debout.

Propulsion par combinaison des forces de gravité des dénivelées, et des forces de pression différentielles qui permettent de transmettre au véhicule une puissance d'environ 100.000 CV. avec plusieurs stations de pompage de l'air de 4.500 CV.

Il n'y a aucun moteur embarqué. Vitesse maximale de 100 km/h.

4. Avancement

Il n'y a pas de réalisation ni de prototype en cours de construction.

Des études précises ont été entreprises pour un réseau urbain à New York. Une navette entre Washington et l'Aéroport Dulles a été envisagée. Une version du système adaptée aux liaisons intervilles a été étudiée pour la desserte du corridor du Nord-Est entre Boston et Washington. Ils sont légèrement différents des systèmes urbains. Les vitesses sont respectivement de 300 et de 400 miles par heure à des profondeurs maximum de 2.000 et 3.500 pieds.

D'autres bureaux d'études, depuis, ont porté leur intérêt sur cette technique, tels que Carnegie Mellon (Pittsburg), l'Illinois Institute, l'Ohio State University et le M.I.T. qui en ont conçu des variantes.

f) Monocab

1. Généralités

Le système Monocab, conçu par Varo-Inc. (Texas) est un monorail suspendu, se composant d'un seul véhicule, de petit gabarit, à traction électrique, et entièrement automatique. L'infrastructure, de conception légère, permet une implantation dans des zones congestionnées, non accessibles aux voitures particulières.

Le constructeur recommande le Monocab pour les déplacements dans les grands aéroports, les centres commerciaux, d'affaires ou universitaires étendus.

2. Coûts

Le km de voie double a été estimé à environ 5 MF.

3. Caractéristiques

Le véhicule peut transporter 6 passagers, se déplace à une vitesse maximale de 55 km/h, est équipé d'un moteur à aimant permanent, d'une puissance de 40 CV.

Chaque véhicule est suspendu à deux trains de roulement constitué chacun de deux roues à pneus, et de deux roues métalliques.

4. Avancement

Vard envisage de modifier le Monocab afin de le doter de possibilités supplémentaires :

- (1) Un véhicule plus grand est prévu, qui pourrait transporter 12 ou 30 voyageurs.
- (11) Des rames pourraient être constituées. Elles se déplaceraient selon un horaire prévu. Il serait ainsi possible de renoncer au fonctionnement "à la demande".

Le Monocab a été proposé pour assurer le déplacement de voyageurs à l'intérieur de l'Aéroport Régional de Dallas-Fort Worth (Texas) ainsi que dans un centre commercial, situé au nord de Dallas.

g) Scherer Monobeam

1. Généralités

L'accrochage latéral des véhicules à deux rails (l'un inférieur et l'autre supérieur) portés par une poutre de section rectangulaire fait l'originalité de ce système, développé par le Scherer Monobeam Co.

2. Coûts

En suburbain, l'infrastructure coûterait environ 5 MF. par mille, tandis que ce chiffre serait ramené à environ 4 MF. dans le cas de desserte du centre des villes à vitesses plus réduites.

3. Caractéristiques

Véhicule de 36 à 44 passagers assis et 62 passagers debout (version suburbaine), ou de 4 à 12 personnes assises (version urbaine).

Propulsion par moteurs électriques agissant sur roues motrices. Le suburbain atteindrait 120 km/h et l'urbain 40 km/h. Suspension pneumatique.

4. Avancement

Une ligne prototype de 2 miles est à l'étude.

h) Sky-Kar Transivator System

1. Généralités

Le système Sky-Kar est un moyen de transport de masse destiné aux courtes distances, en zones urbaines, ou zones d'activités intenses. La voiture Sky-Kar (ou Kar) de faible volume est suspendue et se déplace à une faible vitesse. Elle s'adapte ainsi mieux au type de fonctionnement sur demande.

Etant donné ces caractéristiques, le système Sky-Kar s'intègre facilement à son environnement.

Quand une demande de transport l'exige, plusieurs Kars peuvent être groupés en train.

2. Caractéristiques

Véhicule de 12 passagers dont 8 assis. Vitesse maximale de 96 km/h. Propulsion par deux systèmes à courant continu de 10 CV. entraînant les roues par une courroie.

La capacité théorique maximale de la voie est de 528 Kars à l'heure correspondant à 6.336 passagers/heure.

3. Avancement

Le Sky-Kar Transivator System a été étudié depuis 6 ans par la Sky-Kar Corp. et il existe un prototype roulant sur une voie de faible longueur.

Des travaux et des simulations ont été effectués en ce qui concerne la dynamique du véhicule, la marche d'une voiture, la distribution des stations en fonction de la demande, etc...

Un projet a été étudié pour Easter Airport.

Les études sont poursuivies afin d'améliorer surtout le guidage.

i) Transit Expressway

1. Généralités

Le système Transit Expressway a été développé depuis 1962 par la Westinghouse Electric Corporation et a fait l'objet d'une réalisation à Pittsburg au South Park Allegheny County.

Il consiste en une rame formée d'un ou plusieurs véhicules à traction électrique entièrement automatique et circulant en site propre.

2. Coûts

Le coût de la voie double, en surélévation, a été estimé à 8 MF./km auxquels il faut ajouter 3,5 MF./km pour les équipements électriques de la voie.

Le coût d'un véhicule de 70 passagers est de 0,7 MF.

Coût de l'ensemble du système : entre 10 et 15 MF./km.

3. Caractéristiques

Propulsion par deux moteurs à courant continu de 60 CV. chacun. Vitesse de régime de 50 km/h, avec une vitesse maximum de 80 km/h.

Automatisation intégrale permettant l'adaptation de l'offre à la demande de transport en agissant :

- sur la fréquence
- sur la composition des rames.

4. Avancement

Le financement des études et de la réalisation du prototype a été assuré par :

- Federal Housing and Home Finance Agency	2.872.000 dollars
- Port Authority of Allegheny County	886.000 dollars
- Pennsylvania State Department of Commerce	200.000 dollars
- Westinghouse Electric Corporation et autres sociétés privées	1.042.000 dollars

Soit un total de 5 millions

pour un circuit de 2,85 km comprenant 2 stations et 3 véhicules.

L'expérimentation du prototype étant terminée, la Port Authority of Allegheny County a demandé à Westinghouse de continuer à développer le système et à étudier l'implantation d'une ligne destinée à la desserte de la banlieue sud de Pittsburgh.

D'autres réalisations sont en cours :

- desserte interne de l'aéroport de Tampa (Floride)
- desserte interne de l'aéroport international de Seattle-Tacoma (Washington).

j) Transportation Technology Distribution System

1. Généralités

Le Transportation Technology Distribution System est étudié depuis 1968, par la Société Transportation Technology Inc.

Ce système de transport utilise un véhicule de petites dimensions et faisant largement appel à des techniques de pointe tant pour la sustentation et la propulsion que pour la gestion du parc.

2. Caractéristiques

Véhicule sur coussin d'air et propulsé par moteur à induction linéaire. Voie légère, en U. Guidage par roues latérales s'appuyant sur les parois verticales de la voie.

Deux types de véhicules : ou 12 places, ou 6 places (toutes assises dans les deux cas).

La technique du coussin d'air est celle du procédé Hovair, mis au point par la General Motors.

Vitesse maximum de 90 km/h.

Débit possible de 4.000 p/h.

3. Avancement

T.T.I. a reçu l'aide financière d'organismes fédéraux, comme le D.O.T., et d'organismes locaux de l'Etat de Michigan.

Le système T.T.I. utilise largement les techniques de pointe tels que le moteur linéaire et le coussin d'air. La société a simplement montré que l'application de ces techniques était concevable et que le fonctionnement du système était possible. Il lui reste cependant à adapter son principe au cas particulier du transport urbain impliquant des vitesses réduites et des accélérations et décélérations plus importantes.

Par ailleurs les problèmes posés par la gestion centralisée ne sont pas tous résolus, le software à mettre en oeuvre représente un travail d'analyse assez volumineux qui reste encore à faire.

Le système T.T.I. de conception séduisante, doit encore démontrer sa "faisabilité".

k) Uniflo Transport Systems

1. Généralités

Le système de transport Uniflo utilise de l'air à basse pression pour supporter et propulser des véhicules passifs.

L'air comprimé, produit par des compresseurs fixes est insufflé à la base des véhicules par l'intermédiaire de valves réglables et orientables disposées tout le long de la voie.

2. Caractéristiques

Véhicules de 6 à 8 places assises.

Propulsion par action de jets d'air issus des valves placées sur la chaussée de la voie. Ces valves ne s'ouvrent que sous le véhicule. Vitesse maximum de 96 km/h.

Le système fonctionne sur commande.

Débit maximum : 30.000 p/h sur une voie unique, dans un seul sens, avec des véhicules de 6 places circulant à 48 km/h en vitesse de croisière.

3. Avancement

Le système Uniflo a été étudié par la Société Uniflo Systems Company, Minneapolis, Minnesota.

Les études se poursuivent suivant le plan suivant :

- (i) Construction d'une portion de ligne en grandeur réelle de 33 m à Edina pour effectuer des tests;
- (ii) Construction d'une portion de ligne en grandeur réelle en extérieur soit près d'Edina, soit à Eden Prairie, soit dans le Massachusetts (coût 1 million de dollars);
- (iii) Prolongation de cette ligne (coût 1,25 million de dollars supplémentaires).
- (iv) Une installation complète pour les démonstrations de 2 miles environ, coûtant entre 10 et 20 millions de dollars, doit être prête à la fin de 1972 aux environs de Minneapolis.

VIII. Japon

a) City-Cars

1. Généralités

Le système City-Cars, étudié par le MITI (Ministry of International Trade and Industry) et l'Université de Tokyo, concerne de petits véhicules électriques biplaces, entièrement automatiques.

2. Coûts

Le coût d'installation du système est estimé à 500 millions de yens par km. Le coût d'un véhicule est évalué à 1 million de yens.

3. Caractéristiques

Les véhicules roulent sur une voie en acier surélevée. Ils sont biplaces, munis de moteurs électriques permettant de 20 à 30 km/h sur les voies lentes et 60 km/h sur les voies rapides. Fonctionnement entièrement automatique et sur demande.

La capacité prévue est de 6.000 voitures/h. On peut relier jusqu'à 5 voitures, et on obtient alors 28.000 p/h sur une voie rapide.

4. Avancement

Le MITI et l'Université de Tokyo poursuivent leurs études et ont acheté un terrain de 2 km² pour les essais.

Un projet prévoyait, pour le printemps 1971, une somme de 1.800 millions de yens pour l'essai de 200 city-Cars.

b) Vona Transportation System - Concepteur : Mitsui and Co. Ltd

1. Généralités

Le système Vona (Véhicules of new age) a été conçu pour assurer des liaisons de proximité en zone urbaine entre noeuds importants ; il a été conçu essentiellement comme système de rabattement vers les lignes du chemin de fer régional pour remplacer l'autobus dans les zones à trafic diffus où son exploitation ne peut être rentable.

2. Coûts

Environ 4,5 MF/km pour une voie double. Le coût d'exploitation serait inférieur de 30 % à celui d'une ligne d'autobus.

3. Caractéristiques

Voie en surélévation.

Véhicules de 40 passagers, dont 11 assis. Roues à pneus. Un essieu est moteur, entraîné par un moteur à courant continu de 50 kw. On peut constituer des rames allant jusqu'à 12 véhicules.

Débit maximum de 20.000p/h.

Vitesse : 30 km/h.

4. Avancement

Le système Vona conçu par MITSUI and Co est actuellement développé par le constructeur d'automobiles nippon Sharyo Seizo Kaisha à la demande du Ministère des Transports. Une installation prototype est prévue qui pourrait être implantée dans un parc d'attraction.

Des études ont été entreprises pour la mise en oeuvre opérationnelle du système à Kita Chiba New Town pour relier cette ville nouvelle au réseau de la compagnie de chemins de fer privés Keiser Electric Railway.

Les JNR s'intéressent aussi au système pour relier la ville nouvelle Fujisewa à la ligne de Tokaido vers l'année 1976.

CHAPITRE II

TRANSPORTS HECTOMETRIQUES ET TRANSPORTS CONTINUS

I. Aramis (France)

Comme le système AT 2.000, le système des rames de véhicules programmés a été conçu par la Société Automatismes et Technique et fait partie de la famille des systèmes de transport continu dans la mesure où chaque voyageur effectue le trajet désiré sans arrêt intermédiaire.

Sa capacité de débit (6.000 à 15.000 passagers par heure) est inférieure à celle de l'AT 2.000, mais il nécessite une infrastructure beaucoup moins lourde (une seule voie par sens de circulation, sauf au niveau des stations). La vitesse en ligne serait de l'ordre de 50 km/h, permettant une distance interstation minimum de 300 m.

Son principe consiste en l'exploitation de petits véhicules auto-moteurs de 4 ou 8 places, susceptibles de fonctionner alternativement en rames constituées entre les stations ou en véhicules indépendants dans l'aire des stations qu'ils desservent. Actuellement le système est développé par la Société des Engins MATRA qui a repris le développement des études conceptuelles d'Automatisme et Technique.

Un programme de développement est en cours, échelonné sur 26 mois à partir du début 1971. L'objectif est d'installer une ligne expérimentale bouclée sur 1 km avec 4 à 6 véhicules.

Le programme de développement est mené sous la direction de la DATAR. La part de l'aide publique serait d'au moins 50 %.

II. Carveyor (Etats Unis)

1. Généralités

Le système Carveyor utilise un tapis roulant pour déplacer des voitures, entièrement passives, sur une boucle fermée d'une station à l'autre.

Ce système de transport continu, simple dans sa conception, ne permet pas encore de circuits complexes.

2. Coût

Le coût estimé par le constructeur est de 4,8 à 7,4 millions de dollars par mile (1.610 m). Ce coût est variable selon l'espacement des stations, l'équipement des voitures et la capacité de la ligne.

3. Caractéristiques

Plusieurs types de voitures : 4, 6, 8 et 10 sièges. Les véhicules sont en mouvement continu.

Vitesse en ligne : 24,2 km/h. Vitesse en station : 2,42 km/h.

La capacité varie avec le type de voitures : de 9.000 à 22.600 p/h.

4. Avancement

Le système Carveyor est étudié par le Passenger Belt Carveyors Inc. à Amora dans l'Illinois.

Des recherches concernant la technologie du tapis roulant, composant de base du système y sont poursuivies. Un modèle pour 2 passagers fonctionnant sur un tapis de 240 m ainsi qu'un modèle pour 40 passagers y ont été réalisés et expérimentés.

III. Pomagalski (France)

Le système Pomagalski est un moyen de transport urbain continu dans lequel les véhicules, de faible capacité, sont tractés par un câble.

En station la vitesse des voitures est réduite pour permettre la montée et la descente des voyageurs ; un autre moyen de propulsion auxiliaire permet de moduler la marche du véhicule en station indépendamment du câble de traction qui se déplace à vitesse constante.

Chaque véhicule est prévu pour 6 passagers assis et 8 debout. Vitesse en ligne : 36 km/h. Vitesse en station : 0,18 m/s.

Le système est destiné au fonctionnement en boucle fermée.

...

Débit de 5.000 p/h.

Il y a un projet en cours d'étude, en plusieurs phases successives, avec construction d'une maquette à échelle réduite.

IV. Transdhoc (Suisse)

1. Généralités

Le système Transdhoc est un système de transport en commun à accès continu. Le transport est assuré dans de petites cabines auxquelles on accède à vitesse réduite (comme à un tapis roulant) ; les cabines sont ensuite accélérées en ligne, puis ralenties pour permettre le débarquement.

Le système a été conçu pour la desserte interne des grands aéroports (transport sur des distances hectométriques). Le débit peut atteindre 120 passagers par minute pour un poste d'embarquement. En ligne, le débit peut être beaucoup plus élevé par intégration de plusieurs circuits sur le même tronçon.

2. Coûts

30.000 F par mètre de ligne double.

Le coût d'exploitation annuel serait de 800 F par mètre de ligne double, pour une ligne de 200 m de long. A titre de comparaison le coût d'une solution classique (bande transporteuse et escalators), serait de 330 F, mais pour que les termes soient comparables, il faut tenir compte de 6 valeurs du temps des usagers et le Transdhoc est alors plus rentable.

3. Caractéristiques

Vitesse en ligne de 30 km/h. Embarquement et débarquement à 2 ou 3 km/h.

Cabine de 6 passagers.

4. Avancement

Système proposé en 1965 par l'Institut Battelle (Genève), pour la desserte interne du futur aéroport de Roissy. En 1967, une étude de faisabilité a été entreprise en collaboration par Sud-Aviation, l'Aéroport de Paris et Battelle ; les études préliminaires à la construction d'un prototype en vraie grandeur sont alors menées par Sud-Aviation. Une large association d'industries ayant été souhaitée par la DGRST pour la poursuite du projet et cette association n'ayant pas été mise sur pied, le projet a été abandonné en juin 1969.

V. Bandes Transporteuses à Vitesse Variables

1. Généralités

Dérivées des systèmes continus utilisés depuis longtemps dans le domaine de la manutention, les bandes transporteuses classiques pour piétons ne permettent malheureusement pas d'obtenir des vitesses importantes. La limite supérieure est de 3 km/h ; au-delà, on n'assure plus une sécurité totale quant à l'accès et à la sortie de la bande.

Les bandes transporteuses à vitesses variables surmontent cet inconvénient : la vitesse dans les zones d'accès et de sortie est inférieure à 3 km/h, tandis que sur la bande elle-même la vitesse est 4 ou 5 fois supérieure.

a) Système Speedway (Suisse - Grande-Bretagne)

Le système Speedway a été étudié par la Compagnie Dunlop en collaboration avec Battelle.

...

1. Caractéristiques

Une bande principale à vitesse constante et des bandes d'accès à vitesse variable. La bande principale peut atteindre 3 km de long et a une vitesse constante de 15 à 16 km/h.

La capacité du système est liée à sa largeur. Pour une bande principale de 1,50 m de large, le débit peut être de 40.000 p/h.

2. Avancement

Un prototype, en grandeur réelle, a été conçu et réalisé au Centre Battelle de Genève. Il est soumis à des essais depuis mars 1971.

b) Système Trans 18 (France)

Le système Trans 18 a été conçu par P. Colombot, ingénieur au Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Aménagement Urbain (Carau).

1. Coût

Le coût est estimé à 2,5 millions de francs pour une ligne double de 170 m de longueur.

2. Caractéristiques

Fonctionnement en boucle fermée ; vitesse de 15 à 18 km/h avec accélération et décélération aux extrémités de la ligne (quelques centaines de mètres).

On envisage de l'associer à un tapis roulant pour la desserte d'agglomération et d'atteindre alors 60 km/h.

3. Avancement

La préétude a été effectuée par Automatismes et Technique pour le compte de l'Anvar.

Actuellement existent un modèle réduit à échelle 1/20 et une zone à vitesse variable en grandeur réelle.

c) Système L.C.A.D. (Etats Unis)

Le système Linear Continuous Acceleration and Deceleration (L.C.A.D.) est conçu par le Hudson Institute Inc., Croton-on Hudson, New-York.

Vitesse d'embarquement : 3,2 km/h.

Vitesse en ligne : 16 à 19 km/h.

Système assez proche des deux précédents.

CHAPITRE III

TRANSPORTS AUTONOMES

I. Autobus à la demande

Les différentes solutions proposées sont toutes des compromis entre l'autobus traditionnel et le taxi. Elles utilisent toutes le réseau routier préexistant, sauf le cas de certains véhicules bi-mode, comme le Gaits.

L'utilisation de minibus semble générale.

Un système d'autobus à la demande peut être exploité dans des agglomérations à densité de population faible (200 à 1.200 habitants/km²).

Aux Etats Unis les études menées depuis 1960 ont montré que ce système (DIAL-A-BUS) était probablement le procédé le plus prometteur qui puisse être mis en place dans un délai très court.

Expériences à Peoria (Illinois), à Flint (Michigan), et à Mansfield (Ohio).

En Europe, le système a été repris à Emmen (Pays-Bas) avec le Buxi, caractérisé par une exploitation à horaires fixes mais à itinéraire variable. Ces expériences devaient se poursuivre en 1972 dans une quinzaine de petites villes de 10.000 à 15.000 habitants.

II. Systèmes Bi-Modés

Les véhicules bi-modes circulent soit sur la voirie ordinaire, soit sur des voies spécialisées en site propre. On allie ainsi une grande souplesse d'utilisation par rapport aux systèmes liés à une voie spécialisée à grande capacité de transport, dans les zones urbaines à grande densité de trafic comparée à celle des systèmes sur voie banalisée.

a) Système de la ville nouvelle de Runcorn (Etats-Unis)

Ce système comporte des autobus classiques circulant en site propre, sous le contrôle d'un conducteur.

En mars 1970, 4,5 km de voie étaient terminés et 3,4 km étaient en cours de construction. On prévoyait l'ouverture de 11,2 km en octobre 1971.

La voie est construite en viaduc dans le centre de la ville.

Vitesse d'exploitation : 32 km/h. Vitesse de pointe : 64 km/h.

b) Système "Through Rapid Transit System" (T.R.T.S.) (Grande-Bretagne)

Dans ce système, les autobus sont guidés sur une voie en site propre par un système mécanique simple, le conducteur assurant le contrôle du trafic avec l'aide d'un dispositif de signalisation sur la voie.

Le système a été mis au point par un Consortium (regroupant quelques grandes entreprises britanniques) sous le nom de Throughways Transport Ltd chargé de la commercialisation du système.

Capacité maximale théorique, pour 30 km/h, de 823 autobus à l'heure, soit 39.500 passagers assis.

Deux études ont été faites pour le compte du Ministère de la Technologie, l'une pour Birmingham, l'autre de caractère général. Mais il n'y a pas encore d'expérimentation.

c) Système Starrcar (Etats-Unis)

C'est un système comportant de petits véhicules électriques roulant sur voirie ordinaire ou voirie spécialisée. En site propre le véhicule est alimenté en courant par la voie, et il est entièrement sous le contrôle d'un ordinateur qui le dirige directement vers sa destination. Sur la voirie ordinaire, le véhicule est alimenté par des batteries et est placé sous la conduite d'un chauffeur.

Le Starrcar est étudié par "Alden, Self Transit System", en collaboration avec le Massachusetts Institute of Technology. Il existe un prototype du système installé à Westboro.

Débit maximum : soit 27.900 p/h, soit 144.000 p/h, suivant qu'on emploie des véhicules de 3 ou de 12 personnes.

d) Urbmobile (Etats-Unis)

Ce système est étudié par le Cornell Aeronautical Laboratory.

Il consiste en un véhicule électrique à quatre plans possédant des roues à bandage pneumatique jumelées avec des roues à bandage métallique, ce qui permet au véhicule de circuler aussi bien sur la voirie banalisée (avec des batteries) que sur des rails posés sur une voie spécialisée.

Deux types de véhicules : 4 places ou 15 à 20 places.

En voie libre, propulsion assurée par batteries. Vitesse comprise entre 120 et 160 km/h sur la voie spécialisée en ligne droite.

Capacité : 5.400 p/h.

L'origine de ce système tient aux études faites pour l'autoroute automatique, lancées par le U.S. Bureau of Public Roads.

Le Department of Commerce a fait faire ultérieurement des études plus poussées qui ont conduit à l'Urbmobile.

Jusqu'ici aucun prototype n'a été réalisé, mais il semblerait que le Ministère des Transports continue de s'intéresser à ce système à la suite des conclusions favorables d'une étude comparative menée par General Research Corporation entre le système bi-mode et la combinaison de l'autoroute et de systèmes guidés en site propre.

e) Guided Automated Individual Transportation System (Grande-Bretagne)

Le Gaitis a été conçu par la Société Grimble and Associated Ltd pour les villes de taille moyenne (400 à 8.000.000 habitants) ; il est destiné à assurer le transport porte à porte des personnes et du fret en utilisant des véhicules bi-modes pouvant circuler soit sur un système à guidage obligé, soit sur voie banalisée.

Deux types de véhicules : soit 2 à 3 passagers, soit de 10 à 12.

Propulsion par moteur électrique, alimenté par batteries en voie libre. Vitesse de l'ordre de 40 à 60 km/h.

Capacité de 6.000 à 8.000 p/h.

III. Véhicules Urbains Electriques

Les véhicules urbains électriques ont connu ces dernières années un grand regain d'intérêt. Ainsi de nombreuses firmes ont réalisé des prototypes ; cependant, il n'existe pratiquement pas encore de modèles commercialisés à l'heure actuelle.

Les véhicules électriques urbains sont destinés principalement au transport de personnes (2 à 4 personnes en général) à l'intérieur des principaux centres d'activité.

Depuis 1950 des progrès ont été réalisés en ce qui concerne les batteries (gain de 25 % en poids et de 3 % en encombrement), et des recherches se poursuivent sur les piles à combustibles. C'est dans cette filière que des améliorations très importantes pourraient être apportées au problème de la production de l'énergie électrique à bord des véhicules (cf. chapitre VI de la deuxième partie).

Certains constructeurs proposent des versions hybrides : moteurs à essence et électrique, augmentant ainsi l'autonomie de ces véhicules grâce à la propulsion par le moteur à essence, ou par le moteur électrique, alimenté par l'intermédiaire

d'une dynamo et d'un alternateur entraînés par le moteur à essence. Dans ce dernier cas, la pollution de l'air peut être réduite du fait que le moteur à combustion interne tourne toujours à son régime optimum (exemple : Minicar aux Etats Unis, Daihatsu au Japon).

a) Allemagne

Daimler-Benz-A G a déjà réalisé un autobus équipé d'un système de propulsion hybride. Il a été expérimenté à Hockenheim à partir de la fin de 1969. Il est considéré comme une première étape dans la lutte contre le bruit et la pollution atmosphérique.

Volkswagen, après beaucoup de réticences vis-à-vis de la propulsion électrique, a concentré récemment ses efforts sur la mise au point d'un moteur alternatif rapide, léger, à dispositifs de contrôle électroniques.

En coopération avec Varta (pour les batteries d'accumulateurs), Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke A G (pour les installations de charge des batteries) et Bosch GmbH (pour les moteurs électriques et autres équipements électriques et électroniques), la société MAN a construit un autobus prototype, à propulsion électrique.

De même, sur l'initiative de R.W.E. et en collaboration avec les firmes Bayer, Bosch et Varta, la société Messerschmitt-Bölkow-Blohm (M.B.B.) a construit un véhicule électrique pour tous usages dont la quasi totalité de l'installation électrique est placée sous le plancher et a été conçue pour permettre un changement rapide des batteries.

La firme B.M.W. travaille également à la réalisation d'une voiture électrique pour le transport de passagers, mais elle prévoit un coût d'entretien 15 fois plus élevé que pour une voiture classique. Les accumulateurs seraient inutilisables après 20 recharges, ce qui correspond à une durée de vie assez faible.

b) Belgique

Les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi ont étudié les problèmes de traction électrique des véhicules routiers (transmission), mais ne se sont pas préoccupés de la source d'énergie électrique qui demeure un groupe générateur thermique, qui pourrait être remplacé par toute autre source d'énergie électrique plus avantageuse, pile à combustible par exemple.

C'est essentiellement le Ministère de la Défense Nationale qui s'est intéressé au type de transmission électrique. Il a apporté une aide qui représente 20 % des dépenses engagées par les A.C.E.C. De nombreux prototypes ont été construits et expérimentés, avec des puissances de 100 à 200 CV. Deux autobus (électrobus) ont notamment été ainsi équipés et ont fait l'objet d'une expérimentation sur 130.000 km.

Toutefois le coût semble prohibitif.

c) France

La Régie Renault, dans le cadre de son association au groupement comprenant l'Institut Français du Pétrole, la CSF et la Société Le Carbone-Lorraine, étudie un camion à propulsion électrique qui sera alimenté par une pile à combustible à hydrogène et air. Un prototype devrait être expérimenté au cours de l'année 1972.

Le groupe Citroën, dans le cadre de ses activités de recherche, effectuerait certains travaux sur la propulsion électrique. Toutefois, il semble peu probable que ce programme comprenne la mise au point d'un générateur d'énergie électrique perfectionné, comme la pile combustible, compte tenu de l'importance des moyens nécessaires

qui a déjà exigé des regroupements de firmes, en France par exemple.

Pour la fin de l'année 1971, la RATP mettra en service expérimental deux autobus à système de propulsion hybride, équipés d'un groupe électrogène. Ultérieurement, il serait prévu de le remplacer par une pile à combustible, si la puissance de celle-ci est suffisante.

Citons aussi les véhicules expérimentaux présentés par l'E.D.F., sur des châssis de Renault 4, et par Bertin et Cie.

Cependant, tandis que les exemples précédents se situent au stade du prototype expérimental, un modèle vient d'entrer dans la phase d'exploitation commerciale : c'est la voiture électronique des frères Jarret.

La voiture électronique Jarret est un petit véhicule adapté aux déplacements courts à l'intérieur de centres d'activités.

Elle peut rouler jusqu'à 24 km/h et possède une autonomie de fonctionnement de 30 à 50 km suivant le parcours et la charge. Elle est particulièrement maniable.

La propulsion est assurée par deux moteurs électriques à réluctance variable et commutation électronique, alimentés par des batteries au plomb. Son originalité tient essentiellement à son système de commande électrique : un seul levier permet d'assurer toutes les fonctions (accélération, freinage, direction).

Trois modèles sont présentés : industrie (2.900 F), service (3.200 F), et visite (3.400 F).

Parmi les utilisations individuelles de ce véhicule, citons : transports dans les aéroports, les gares, les ports, les grands ensembles immobiliers, les expositions, les foires, les zones industrielles, les centres commerciaux, hôpitaux, maisons de repos, etc...

Parmi les utilisations collectives, on peut concevoir la voiture banalisée, l'utilisation en infrastructure propre, le guidage électronique.

La production de ce véhicule est prévue selon le programme suivant : 400 en 1971, 5.000 en 1972, 27.000 en 1973. Le seuil de rentabilité se situerait aux environs de 5.000 véhicules par an.

La société "La Voiture Electronique" et les autres sociétés du groupe ont bénéficié de contrats de recherches de la D.G.R.S.T. et la D.R.M.E. Un contrat de développement est en cours avec la D.G.R.S.T. pour la réalisation d'une petite voiture de transport urbain capable de rouler à 50 km/h et d'une autonomie d'au moins 60 km.

d) Grande-Bretagne

1.

Les constructeurs et fournisseurs de l'industrie automobile ont créé l' "Electric Vehicle Association" qui, associée avec l' Electricity Council et le Central Generating Board, développe des voitures électriques.

2.

Le modèle "Scamp" mis au point par la Scottish Aviation Ltd a été testé par le S W Electricity Board (Bristol), mais la firme Scottish Aviation s'est retirée du marché.

3.

Le "Winn City Car" mis au point par Russel Win serait développé par la firme High Speed Motor. Ce modèle est étudié depuis environ 5 années.

4.

La Pool Engineering Co. a construit une version électrique du véhicule "Trident", jusqu'ici équipé d'un moteur à combustion interne. Actuellement, le deuxième prototype est en cours d'étude. Les moteurs et leur dispositif de contrôle seront conçus et construits par C A V Ltd. (firme du groupe Lucas).

5.

La société Ford-Angleterre, en collaboration avec Ford Etats Unis, développe des moteurs alternatifs rapides équipés de dispositifs de contrôle électronique très sophistiqués.

6.

D'autres firmes telles que : Tube Investment Ltd, Carter Engineering Ltd, Ogle Design Ltd, Leicester College of Auto-Design poursuivent aussi des recherches dans ce domaine.

e) Italie

Fiat a construit deux petites voitures électriques, sur des châssis de 350 et de 500. Dans le cadre d'un nouveau programme un moteur alternatif léger, rapide, contrôlé par thyristors est actuellement en cours de développement. Les récentes déclarations de M. Agnelli, Président de la Fiat, semblent indiquer que la société a de solides espoirs, à moyen terme, sur la mise au point de cette voiture.

f) Etats Unis

1.

General Motors procède à de nombreux essais de véhicules électriques : série expérimentale 512, Electrovair II.

2.

En 1964, l'Edison Electric Institute et des sociétés de production d'énergie électrique firent entreprendre des recherches sur les batteries zinc-air à la General Atomic. Ce projet aboutit en 1971 à l'expérimentation sur un véhicule spécialement conçu.

En 1968, l'Edison Electric Institute créa l'Electric Vehicle Council pour l'étude de l'utilisation de l'électricité dans les différents moyens de transport. Le Council a constaté qu'environ 50 millions d'américains seraient intéressés par l'achat d'un véhicule électrique, de petites dimensions, de faible vitesse, de petit rayon d'action, et d'un prix raisonnable. Le Council a donc lancé un programme il y a environ 18 mois dont l'objectif est de faire réaliser un ou plusieurs types de véhicules électriques.

3.

Trois véhicules électriques sont actuellement offerts sur le marché américain : un véhicule utilitaire construit par Club Car Inc. (vitesse 30 miles/h, autonomie 60 miles, prix 2.000 \$) ; un véhicule pour deux passagers construit par Electro Dyne Inc. (vitesse 25 miles/h, autonomie 50 miles, prix 1.800 \$) ; une station-wagons d'American Motors modifiée par Electric Fuel Propulsion (vitesse 65 miles/h, autonomie 50 à 100 miles, prix 11.900 \$).

4.

Chrysler effectue, avec l'Université de Michigan, des recherches sur une automobile électrique de plus de 1.200 kg.

5.

Enfin rappelons le programme lancé par l'Environmental Agency (voir 1ère partie Action des Pouvoirs Publics aux Etats Unis).

g) Japon

Des véhicules électriques urbains ont été étudiés par les grandes firmes de construction automobile et les réalisations sont tout à fait comparables aux divers prototypes construits ailleurs dans le monde. Il s'agit principalement de Toyota, Nissan Motor Co. en collaboration avec Hitachi Batteries Ltd., Daihatsu Kogyo avec un véhicule à système de propulsion hybride.

Toutefois, un programme national de recherche sur le **véhicule** électrique urbain vient d'être mis en place par la Science and Technology Agency du Ministère du Commerce International et de l'Industrie (I.T.I.M.). L'objectif de ce programme est la mise au point et la construction avant la fin de 1975 d'une gamme complète de véhicules urbains, individuels, ou utilitaires, dont l'une des caractéristiques sera une autonomie raisonnable. Ce programme est doté de 75 MF.

Titre III

La recherche et le développement
en matière maritime

CHAPITRE I

LES ORIENTATIONS GENERALES DE LA RECHERCHE EN MATIERE DE TRANSPORT MARITIME

Bien que les efforts de R.D. les plus importants portent sur la manutention de la cargaison, seuls les thèmes principaux de R.D. en matière de technique de transport maritime (Technologie du navire) seront passés en revue.

Description et analyse des thèmes de R.D.

I. Formes de coque

La recherche de nouvelles formes de coques est inspirée par le souci de l'augmentation des vitesses de service des navires.

1.1. Navires monocoques traditionnels

Outre l'augmentation des vitesses de service, les recherches dans ce domaine sont guidées par un intérêt d'augmentation des capacités, de souplesse d'exploitation, de transport spécial (à basse température..)

- a) augmentation de la vitesse des navires traditionnels
- b) augmentation de la capacité des navires
- c) souplesse d'exploitation
- d) navires de transport spécialisés

1.2. Navires multicoques

a) le navire de type Catamaran :
avantages : il autorise une très grande largeur de pont; réduit les efforts exercés sur la coque ; est adapté à de grandes vitesses ;

b) le navire de type trisec : les avantages sont à peu près les mêmes que pour le type catamaran. Cependant, ce type de navire est doté d'un système de réglage de l'immersion en fonction de la vitesse, ce qui lui permet d'offrir une résistance globale minimale.

1.3. Navires à effet dynamique ou de surface

- a) hydroptères
- b) aéroglisseurs

1.4. les sous-marins

II. Matériaux

Les recherches dans le domaine des matériaux portent sur une amélioration de la qualité de l'acier, qui, en raison de son prix, ne peut subir aucune concurrence de la part d'alliages d'aluminium ou des matières plastiques, sauf en ce qui concerne les hydroptères et les aéroglisseurs.

III. Propulsion

Les recherches sont orientées dans les domaines de

- la réduction de l'encombrement de la turbine à vapeur ;
- l'introduction de la turbine à gaz ;
- l'introduction de la propulsion nucléaire.

IV. Automatisation du bord, Aide à la navigation et au pilotage.

CHAPITRE II

RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE MARITIME

EN ALLEMAGNE

Après la crise qui a éprouvé la construction navale en Allemagne, les pouvoirs publics sont décidés à relancer l'activité dans ce domaine. Le Ministère des Transports et le Ministère des Sciences travaillent à l'élaboration d'un programme national de recherche et de développement.

I. Le centre de recherche de la construction navale allemande

C'est une association qui rassemble les entreprises appartenant à divers secteurs d'activité ainsi que les représentants de certaines universités intéressées par la construction navale.

Les actions de recherche menées par le Centre visent seulement à apporter de faibles améliorations aux navires de type classique et aux procédés de construction navale. Au cours des cinq dernières années, environ 0,8 million de DM par an seulement ont été consacrés par le Centre à des actions de R.D.

II. Chantiers navals

Certains chantiers navals ont des activités de recherche et de développement qui dépassent le cadre des techniques maritimes conventionnelles.

2.1. Le cargo brise-glace

Un programme d'études doit être terminé fin 1973 par un groupement d'universités et d'instituts de recherche ainsi que par le chantier naval A.G. WESER, chef de file du projet. Budget de 5,6 DM dont 50 % financés par l'Etat.

2.2. Le cargo à propulsion nucléaire

Depuis l'interruption du programme des Communautés Européennes (1968), seule la firme allemande G.K.S.S. poursuit des travaux dans ce domaine (projet "OTTO-HAHN").

Recherches aussi sur la propulsion nucléaire appliquée aux navires porte-conteneurs.

CHAPITRE III

RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

DANS LE DOMAINE MARITIME EN BELGIQUE

(i) L'initiative des actions de recherche et développement en matière de construction navale et d'exploitation appartient au secteur privé, comprenant armateurs et chantiers navals. Les pouvoirs publics ont une participation financière très réduite, répartie en fonction des demandes d'aide formulées par les entreprises privées ou les associations de recherche.

(ii) Les actions de recherche et de développement technologiques sont le plus souvent sous-traitées par les armateurs aux chantiers navals ou à des organismes de recherche et développement extérieurs, le CEBERENA (Centre Belge de Recherches Navales) en Belgique ou à des bureaux d'études étrangers (Lloyd's Register, Germanischer Lloyd) quand ce dernier n'est pas en mesure de répondre aux exigences du promoteur. Les chantiers navals eux-mêmes font appel dans certains cas aux services du CEBERENA. Les armateurs limitant leur champ d'activité aux études économiques sur le transport maritime et aux études de marché, à la lumière des résultats techniques obtenus par leurs sous-traitants et des informations qui leur sont transmises par le CEBERENA sur les innovations techniques existantes dans le domaine de l'industrie navale.

(iii) Il n'existe aucune coordination des activités de recherche et développement en Belgique en dehors du CEBERENA, dont l'importance est assez marginale et qui est l'unique trait d'union entre armateurs, chantiers navals et équipes de recherche universitaires.

CHAPITRE IV

RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

DANS LE DOMAINE MARITIME EN FRANCE

(i) L'initiative de la recherche et du développement en matière de construction navale et d'exploitation appartient essentiellement aux armateurs, aux chantiers navals et à quelques organismes privés qui effectuent de la recherche. La participation des pouvoirs publics est très réduite,

excepté dans trois domaines assez particuliers : les aéroglisseurs marins, la propulsion nucléaire pour les navires de commerce classiques (porte-conteneurs, pétroliers) et les hydroptères. En raison des natures particulières de l'aéroglisseur et de l'hydroptère qui placent ces deux modes dans un domaine intermédiaire entre le maritime et l'aérien, il leur a été réservé deux chapitres traitant de chacune de ces deux nouvelles techniques de transport maritime*. Il n'en sera pas fait mention dans ce chapitre.

(ii) En ce qui concerne les activités de recherche et de développement, on peut considérer qu'il y a une absence quasi totale de coordination. Les plus grands armateurs ont leurs propres bureaux d'études, qui travaillent en collaboration avec les chantiers navals. Les petites compagnies d'armement, nombreuses encore, qui n'ont pas la possibilité de financer un bureau d'études s'adressent alors aux chantiers navals qui ont la possibilité de leur présenter la gamme de leurs réalisations et de faire quelques études spécifiques pour leur adaptation aux besoins particuliers de l'armateur. Pour une part très faible des dépenses de recherche en matière de transport maritime, on peut considérer qu'il y a choix et établissement de programmes coordonnés par le Service de la Recherche du Secrétariat à la Marine Marchande.

I. Les organismes publics de recherche

1.1. Recherche active

Le Ministère des Armées dispose d'un laboratoire, le Bassin des Carènes où se déroulent des études d'hydrodynamique, souvent à la demande des armateurs ou des constructeurs.

1.2. Financement

Seul le Secrétariat à la Marine Marchande a financé quelques recherches au cours des dernières années, de caractère plutôt économique que technique.

1.3. Perspective du VIème Plan

Les recherches de l'IRT sont orientées vers l'économie maritime et la sécurité de la navigation. Parallèlement, le SGMM a défini des orientations de recherche sur lesquelles les décisions définitives n'ont pas encore été prises (barge océanique, navire porte-barges, propulsion nucléaire, turbine à gaz, réparations à flot des navires, automatisation à bord, sécurité et aides à la navigation).

II. La recherche dans le secteur privé

2.1. Institut de recherche

L'Institut de Recherche de construction navale (IRCA) créé par les entreprises du secteur intéressé, effectue des recherches à caractère

* voir chapitres IX et X.

fondamental.

2.2. Sociétés de conseils

La plus importante de ces sociétés est ECO-CENTRE. Un contrat a été conclu avec le SGMM pour la construction d'un navire type unique facilement adaptable aux besoins d'un certain nombre d'armateurs. Au titre de société de conseils, il faut également citer le Bureau Veritas qui se voit parfois confier des études d'architecture navale.

2.3. Le secteur industriel

Dans le secteur industriel on peut distinguer trois axes principaux de recherche :

- amélioration de sous-systèmes existants intéressant tous les types de navires,
- augmentation de la taille des pétroliers et possibilité de circulation en zone arctique ,
- développement des navires transporteurs de gaz naturel liquéfié et de gaz de pétrole liquéfié.

Les principales actions du R.D. recensées sont les suivantes :

- a) Etude d'un navire porte-conteneurs de 40.000 tonnes à propulsion nucléaire. Chef de file : Commissariat à l'Energie Atomique.
- b) Etude des performances du bulbe menée par la Nouvelle Compagnie Havraise Péninsulaire, l'IRCN et le Bassin des Carènes.
- c) Recherches sur un réacteur d'étrave menées par SOGREAH.
- d) Installation prototype de navigation automatique et système anti-collision, sur financement de la DGRST et du SGMM.
- e) Navire catamaran contre la pollution par nappes de pétrole. Projet à l'étude. Prototype de 20 à 30 MF dont le financement n'est pas encore décidé.
- f) Transports de gaz (sociétés GAZOCEAN et GAZ TRANSPORT).

D'après la DGRST, les chantiers navals auraient un budget de R.D. dont le montant varierait entre 0,5 % et 0,8 % de leur chiffre d'affaires.

CHAPITRE V

LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE DU

TRANSPORT MARITIME EN ITALIE

En Italie, les thèmes de la recherche et du développement dans le domaine du transport maritime sont orientés par les programmes à court et à moyen termes des armateurs et par les besoins des chantiers navals appelés à mettre en oeuvre ces programmes.

Ces thèmes sont donc similaires à ceux des autres pays et concernent essentiellement :

- la manoeuvrabilité des navires,
- le comportement des navires par gros temps,
- l'étude de la probabilité de l'ampleur et de la localisation des voies d'eau dans la collision des navires,
- la flottaison et la stabilité des navires en cas d'avaries,
- la rationalisation des installations et des procédés de construction par l'emploi de plus en plus étendu de l'ordinateur,
- l'automatisation des navires.

Toutefois, en matière de construction navale, l'Italie constate que la tendance actuelle est marquée, d'une part, par le gigantisme des navires de charge et, d'autre part, par l'accroissement de la vitesse pour les bâtiments de transport de passagers sur des distances moyennes.

Ces derniers objectifs requièrent donc des recherches sur de nouvelles formes de carènes et sur de nouveaux systèmes de propulsion. A ce sujet, l'Italie s'intéresse à la sustentation par coussin d'air et aux hydroptères (cf. 2ème partie - titre III - chapitre IX).

I. Les activités de R.D. du secteur public

1.1. Le Conseil National de la Recherche (C.N.R.)

Outre son rôle de coordination, le CNR possède en propre deux laboratoires :

- à Venise, un laboratoire pour l'étude de la dynamique des grandes masses,
- à Gênes, un laboratoire pour l'automatisation navale.

Le programme le plus important développé en Italie sous l'égide du CNR est le programme "Esquilino". Ce programme vise, par un contrôle de la navigation, à obtenir un rendement économique plus élevé dans l'exploitation des navires, un accroissement de la sécurité, une rationalisation des appareillages et une amélioration des conditions de travail et de vie à bord.

1.2. Le Ministère de la Marine Marchande

Malgré la faiblesse de son budget, le Ministère de la Marine Marchande conduit des réalisations dans trois domaines :

- les types particuliers de navires (transport de conteneurs, pêche océanique, etc...),
- recherches systématiques sur le comportement à la mer des navires modernes,
- recherches sur les appareils moteurs des navires.

1.3. La marine militaire

Elle s'emploie à étudier la propulsion par jet d'eau.

1.4. Les universités

L'Institut de Construction navale de Gênes,
L'Institut de Construction navale de Naples,
L'Institut d'Architecture navale de Naples.

II. Les activités de R.D. du secteur privé

2.1. Italcantieri

Les activités de l'Italcantieri couvrent les domaines :

- études prospectives,
- calcul automatique des structures,
- structure et comportement à la mer,
- techniques de construction navale,
- participation aux travaux de recherche internationaux.

2.2. CETENA

Fondé en 1962, le CETENA conduit des recherches dans de nombreux secteurs parmi lesquels figurent principalement l'Hydrodynamique, les structures, les épreuves et relevés à bord, analyses systématiques et automatisation, calcul automatique.

2.3. RINa

Le RINa effectue également un certain nombre de recherches sur le comportement du navire et le transport en vrac.

III. Moyens mis en oeuvre

3.1. Secteur public

Les crédits alloués par le secteur public sont très souvent insuffisants pour les programmes envisagés. Par exemple, le Ministère de la Marine Marchande ne dispose que de 50 millions de lires par an.

3.2. Secteur privé

a) Italcantieri

Un plan quadriennal est en préparation, révisable annuellement; il y est prévu une dépense annuelle d'environ 400 millions de lires dont plus de la moitié est destinée au CETENA.

Pour la recherche, Italcantieri emploie en permanence environ 20 personnes.

b) CETENA

Le budget annuel du Centre se situe actuellement à 380 millions de livres par an, couvert proportionnellement à l'activité dépensée pour les associés et les tiers; soit :

- environ 70 % provenant des versements des associés,
- de 15 à 20 % financés par des contrats avec le C.N.R.,
- de 10 à 15 % en remboursement des frais pour les services rendus aux tiers.

Le Centre emploie en permanence 30 personnes dont 25 chercheurs.

CHAPITRE VIR. D. DANS LE DOMAINE MARITIME EN GRANDE-BRETAGNEI. Les organismes publics1.1. Activités de recherche

- Le Ministère du Commerce et de l'Industrie. Le Ministère du Commerce et de l'Industrie, pour pallier aux carences du secteur privé, dispose de plusieurs laboratoires :

a) Le National Physical Laboratory (NPL). Le NPL comprend une Ship Division, dont les travaux les plus importants portent sur les performances du navire en fonction de l'état de la mer, les systèmes de propulsion, la tenue en mer, les vibrations, les formes.

b) L'Hydraulics Research Station qui est spécialisé dans l'étude de l'action des vagues sur les navires à l'amarrage et les infrastructures portuaires.

c) Le National Engineering Laboratory, chargé du problème de manutention des fluides notamment sur les pétroliers.

Le Ministère du Commerce et de l'Industrie dispose en outre d'un fonds destiné à subventionner certaines associations ou centres de recherche, et de la possibilité de passer des contrats de développement avec l'industrie.

- Le Ministère de la Défense. Ce Ministère travaille en collaboration avec la Chambre des armateurs, le BSRA et le NPL.

1.2. Le financement public de la recherche

En 1969 la contribution de l'Etat à la R.D. s'est élevée à 736.000 L.S. Cette aide ne comprend pas la contribution au développement des aéroglisseurs marins.

- 100.000 tonnes pour les contrats avec le secteur privé ;
- 386.000 tonnes d'aide au BSRA.

II. Les organismes privés

2.1. Le British Ship Research Association (BSRA)

Le BSRA est une association de R.D. qui regroupe des armateurs et des constructeurs navals. Elle couvre quatre domaines spécialisés :

- Architecture navale
- Systèmes marins
- Engineering
- Application des calculateurs.

Le BSRA dispose d'une équipe de 300 personnes et d'un budget de 1,2 million de L.S. provenant pour 1/3 d'aides gouvernementales.

2.2. Activités de recherche privées

Une étude récente a mis en évidence que globalement l'industrie navale consacrait à la recherche un montant global de 1 % de la valeur ajoutée dans le secteur.

III. La Recherche maritime dans le secteur universitaire

Les travaux de recherche les plus importants ont été effectués par les universités de Glasgow, Newcastle et Strathclyde. D'autre part, l'Imperial College de Londres a mis au point un dispositif de contrôle de navire par ordinateur.

IV. Bilan des activités de R.D. dans le domaine maritime

A la demande de Board of Trade un rapport a été publié en 1970 sur la situation générale de l'industrie de la construction navale et des transports maritimes. Ce rapport mettait l'accent sur 5 points :

- trop grande importance de la recherche fondamentale en hydrodynamique,
- trop faible importance de la recherche des formes nouvelles de navire,
- trop faible importance de la recherche dans le domaine de la maintenance,
- absence de politique rationnelle d'investissements en fonction de la rentabilité des recherches,
- trop grande dispersion des efforts.

CHAPITRE VII

R.D. DANS LE DOMAINE MARITIME AUX ETATS-UNIS

L'action des pouvoirs publics dans le domaine maritime aux Etats-Unis est importante. Cette action se manifeste à trois niveaux :

- coordination,
- réalisation de recherches,
- financement de recherches.

Dans le secteur privé, les actions de R.D. restent l'apanage des grandes firmes de construction navale.

Dans le secteur universitaire, de nombreuses universités se penchent sur ces questions, généralement à l'occasion d'un contrat avec l'Administration Maritime.

I. L'Administration Maritime du Department of Commerce

L'administration maritime contribue à la recherche en matière maritime de deux façons différentes : en orientant elle-même certaines recherches et en passant des contrats avec l'industrie privée.

1.1. L'exécution des recherches par l'Administration maritime

Ces recherches portent sur les domaines des

A. Techniques avancées

a) aéroglisseurs marins: l'Administration Maritime, en collaboration avec l'U.S. Navy, participe aux études sur l'aéroglisseur marin dans le cadre du JSESPO qui est chargé de toutes les actions de recherche et financement dans ce domaine ;

b) propulsion nucléaire (pétrolier brise-glace, porte-conteneurs);

B. Développement de techniques conventionnelles. Les actions de recherche qui sont menées par l'Office de la Recherche et du Développement sont très variées :

- (i) études d'ensemble,
- (ii) structure de coque,
- (iii) automatismes,
- (iv) systèmes de propulsion.

1.2. Les contrats avec le secteur privé

Ces contrats portent sur les domaines suivants :

A. Recherches en matière de structures

a) possibilités de construction en série de navires-type, modifiables suivant les besoins des armateurs.

- b) cargo nucléaire de la 2ème génération;
 - c) cargo catamaran ;
 - d) bulbes de proue.
- B. Recherches sur les systèmes de propulsion et de contrôle
- a) propulsion par réacteur nucléaire ;
 - b) gouvernail.
- C. Autres études
- a) revêtements antifouling ;
 - b) mesures de contrainte ;
 - c) système de communication navire-satellite.

1.3. Budget de recherche de l'Administration maritime

Budget global en 70/71 : 20,7 millions de \$. Ce budget a été doublé par rapport à 1968/69.

II. La recherche dans le secteur privé

- LITTON INDUSTRIES a procédé aux études préliminaires d'un navire de type TRISEC à turbines à gaz.
- GENERAL DYNAMICS conçoit un pétrolier sous-marin.

III. Perspectives futures de R.D.

C'est après le Congrès de Wood's Hole que fut proposé, fin 1969, un programme commun à mettre en oeuvre par l'industrie, les organismes de recherche et le gouvernement fédéral.

Une centaine de projets ont été recommandés, portant sur :

- l'amélioration des navires traditionnels,
- le développement des navires spécialisés de 30 à 40 noeuds,
- le développement de navires sur coussin d'air (50 à 100 noeuds),
- la construction pour 1977 de 3 navires à propulsion nucléaire.

Un tel programme exigerait 32 M \$, pour la partie non nucléaire, et 48 M de dollars pendant huit ans, pour la partie nucléaire.

CHAPITRE VIII

R. D. DANS LE DOMAINE MARITIME AU JAPON

- Les Japonais ont continuellement accru le tonnage des navires et ne doivent leur réussite qu'à leurs propres travaux de recherche et développement menés dans l'indépendance vis-à-vis des pays tiers.

- Toutefois si les Japonais sont arrivés en tête pour la construction de navires géants, ils n'ont pas engagé des dépenses importantes de recherche dans les autres domaines de la construction navale. Ils ont largement profité des recherches faites par les autres pays en acquérant des licences de brevets étrangers ou en tournant ceux-ci par quelques améliorations parfois mineures.

I. Les organismes de R.D.

1.1. Les organismes publics

C'est essentiellement dans le cadre du Ministère des Transports que les pouvoirs publics interviennent dans la R.D. en matière de transport maritime. Ce ministère dispose de deux instituts et d'un laboratoire. Son programme comporte des études sur :

- la structure des navires,
- la propulsion,
- la sécurité,
- l'automatisation.

1.2. Les établissements privés

La recherche et le développement sont le monopole de 7 grands groupes de construction navale qui s'efforcent d'établir des liens entre eux dans le cadre des directives administratives du Ministère des Transports.

II. Les orientations de la R. et du D.

2.1. Les objectifs

Au début de 1970, le Conseil de Rationalisation de la Marine Marchande a défini deux actions thématiques :

- développement des cales pour les navires de plus de 100.000 tonnes ;
- réalisation de navires spécialisés (porte-conteneurs, transporteurs de gaz).

2.2. Le développement des techniques nouvelles

- les techniques de construction
- les techniques maritimes

a) techniques élémentaires : structure de coques; propulsion par moteur Diesel, turbine à gaz et à vapeur; propulsion nucléaire. (Le gouvernement japonais a créé en 1963 une Agence pour le développement de la propulsion nucléaire navale. Un cargo, le MUTSU, doit être équipé d'un réacteur nucléaire en 1972 et la construction d'un navire de deuxième génération est prévue avant 1975.); automatisation.

- b) navires porte-conteneurs rapides (30 à 35 noeuds) ;
- c) navires très rapides (60 noeuds): réalisation d'hydroptères.

III. Moyens mis en oeuvre

3.1. Recherche par les laboratoires publics

L'Institut de recherche technique sur les navires (270 millions de yens pour l'année 69-70) et l'Agence pour le développement de la propulsion nucléaire des navires (2.720 millions de yens pour l'année 1969-1970) se répartissent la plupart des fonds.

3.2. Subventions au secteur privé

Près de 9 MF en 1969-1970 aux instituts de recherche privés, les principaux bénéficiaires étant :

- JAPAN SHIPBUILDING RESEARCH ASSOCIATION,
- JAPAN SHIPMACHINERY DEVELOPMENT ASSOCIATION,
- SHIPBUILDING TECHNICS DEVELOPMENT COUNCIL.

CHAPITRE IX

RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT EN MATIERE D'HYDROPTERES

L'hydroptère peut être défini comme un véhicule marin de surface supporté en marche de croisière par les forces de portance résultant d'une circulation d'eau autour d'un système d'ailes marines, partiellement ou totalement immergées.

I. Evolution dans la construction des hydroptères

1.1. Les hydroptères de la 1ère génération : (ailes en V émergentes).

Ces hydroptères ont été développés surtout en Suisse, en Italie, en Norvège, au Japon et en URSS. La plupart des pays occidentaux ont adopté le système de l'ingénieur VON SCHERTEL de la société SUPRAMAR (SUISSE), notamment le chantier Rodriquez de Messine (Italie), Westermoen (Norvège) et Hitachi (Japon).

Les constructeurs européens développent actuellement les techniques hybrides (plans porteurs immergés et émergents) :

- Blohm et Voss en Allemagne, en collaboration avec Grumman pour le "Dolphin";
- Supramar (Suisse) avec Westermoen et Rodriquez pour le PT 150 ;
- Seaflight (Italie).

1.2. Les hydroptères de la 2ème génération

(ailes totalement immergées et stabilisation automatique à commandes électroniques) :

Les principaux travaux ont été effectués par :

- RODRIQUEZ (système HAMILTON)
- BOEING (hydroptères militaires)
- GRUMMAN avec "Dolphin" (commercial) et DG (militaire)
- MARYLAND avec "Victoria" (commercial)
- ATLANTIC avec "Flying Cloud" (commercial).

En France, un effort extrêmement important a été consenti par le Ministère des Armées pour la réalisation d'hydroptères de 2ème génération par la SNIAS.

II. Perspectives de développement

2.1. Les hydroptères de la 1ère génération, plus simples et plus économiques, semblent bien adaptés à une exploitation en eaux peu perturbées. Près de 1500 exemplaires sont en service. Le tonnage maximum atteint est de 150 tonnes environ.

2.2. Les hydroptères de la 2ème génération semblent être appelés à couvrir un marché plus large en raison de leur amélioration :

- de vitesse
- de stabilité
- de tonnage
- de confort.

2.3. Conclusion

Il semble que l'hydroptère sous cette nouvelle forme puisse devenir un concurrent de l'aéroglesseur à condition que soient résolus les problèmes de l'augmentation de la vitesse, de la taille, de la capacité, de la sécurité.

III. Les modèles existants ou en projet

L'étude comporte un tableau comparatif des différents types d'hydroptères produits ou en projet dans le monde occidental.

Elle comprend en outre une analyse détaillée du projet français SA 800.

CHAPITRE X

RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT EN MATIERE D'AEROGLISEURS

MARINS

Les aéroglisseurs marins peuvent être classés en deux catégories ASAS ou ASAD suivant qu'en marche de croisière la sustentation est aérostatique ou aérodynamique. La plupart des recherches effectuées ont porté sur la première catégorie.

I. Le programme de recherche et de développement en Grande-Bretagne

La recherche se déroule à deux niveaux distincts :

- au niveau gouvernemental par la Hovercraft Unit du NPL ;
- au niveau privé par des firmes industrielles aidées par le NRDC (qui détient généralement une partie du capital de ces firmes), par Hovercraft Development Ltd et par le Ministère de la Technologie.

L'aide gouvernementale a été réduite progressivement et vient d'être supprimée en 1972.

1.1. Programmes en voie d'achèvement

- un 2ème appareil de la série 2 VT 1, est en cours de réalisation par Vosper Thornycraft ;
- le CC7 construit par Cushioncraft est en cours d'essais ;
- un appareil amphibie de 4 à 5 places est étudié par Hovermarine Ltd.

1.2. Programmes en cours

- BHC étudie, sous contrat d'Etat, un appareil de 300 à 400 tonnes et son extrapolation à un appareil transocéanique de 4.000 t.
- Hovermarine étudie un système de propulsion par jet d'eau ;
- Les autres études, purement privées, sont peu orientées vers la recherche prospective.

II. Programme de recherche et de développement aux Etats-Unis

2.1. Principales réalisations en cours d'achèvement

- BELL AEROSYSTEM : SK 10, basé sur les techniques britanniques ;
- GENERAL DYNAMICS : SKIP 1, expérimental de petit tonnage (3 t.), basé sur les techniques britanniques ;
- AEROMAR CORP. : A 1, appareil de 11,5 tonnes, à technique britannique, premier d'un programme devant atteindre des appareils de 100 tonnes.

2.2. Le programme de recherche en cours

Le programme a été élaboré par le JSESPO (Joint Surface Effect Ship Program Office) qui résulte de la fusion des services de l'US Navy et de la Maritime Administration chargés de l'aéroglisser marin.

- Programme SES 100 : ce programme vise à la réalisation d'un appareil de 100 tonnes à flancs rigides. Les firmes qui travaillent sur ce programme sont : General Dynamics, Aerojet, Bell. Cette réalisation n'est envisagée que comme première étape pour étudier la faisabilité d'appareils de plus grands tonnages : 500 tonnes et 4.000 tonnes, susceptibles de traverser l'Atlantique à 80 ou même 100 nœuds.

- Autres études en cours : un appareil de 100 tonnes, étudié par AEROMAR pour effectuer le trajet New-York - Boston à 200 km/h en transportant 60 tonnes ou 400 passagers.

III. Programme de R.D. en France

En France, toutes les recherches sont menées par la SEDAM sur aide financière de l'Etat. La SEDAM exploite les brevets BERTIN en vue de leurs applications maritimes.

3.1. Programmes en cours d'achèvement

- N 300 : après avoir terminé la construction de deux appareils de pré-série, la SEDAM vient d'entreprendre la phase de commercialisation de ce type d'appareil. L'amélioration technique de l'appareil fait toutefois encore l'objet de travaux.

- N 102 : le N 102 est un aéroglisser de 4,1 tonnes qui est maintenant construit en série. La production de cet appareil est subventionnée au départ par la Marine Nationale (4 MF) qui a d'ailleurs commandé deux de ces appareils.

3.2. Programmes en cours

- Le programme N 500 : ce programme vise à la construction d'un aéroglisser ayant une charge utile de 60 tonnes. Un prototype doit être construit au début de 1973. Cet appareil devrait pouvoir desservir les liaisons à travers la Manche et avec la Corse.

- Appareil de fort tonnage : la SEDAM a été chargée par la Délégation Ministérielle à l'Armement de l'étude d'un appareil de 1.000 tonnes ayant 400 tonnes de charge utile.

IV. Description des types d'appareils réalisés

L'étude comporte un tableau présentant les divers types d'aéroglisser marins construits dans le monde occidental. L'étude procède par ailleurs à un examen des différentes techniques en présence (sustentation, propulsion) et à une comparaison entre techniques française et britannique.

TROISIEME PARTIE

REFLEXIONS GENERALES

CHAPITRE I

LES POUVOIRS PUBLICS ET LA RECHERCHE EN MATIERE DE TRANSPORT

I. Situation actuelle

L'analyse de la situation actuelle fait apparaître en général une absence plus ou moins grande de planification des programmes de R.D. et une insuffisance des budgets d'aide à la R.D.

II. Méconnaissance des problèmes

A l'origine de l'inertie des pouvoirs publics ou de la dispersion de leurs efforts, il y a une méconnaissance de l'incidence des inter-actions entre les transports et les structures urbaines sur l'économie nationale. La connaissance de ces incidences permettrait de définir les besoins qu'on pourrait classer pour dégager les objectifs prioritaires afin d'éviter les déséquilibres actuels entre l'offre et la demande de transports.

Mais il y a aussi méconnaissance des besoins et de leur ordre de priorité, ce qui fournit encore une explication à la carence des pouvoirs publics en matière d'organisation des programmes de R.D.

III. Relance de l'activité en matière de transport

Pour certains pays l'inertie a fait place à une intense activité au niveau des pouvoirs publics.

- 3.1. En Allemagne : La majorité des efforts se sont portés sur les systèmes de transports terrestres interurbains pour faire face à la demande croissante sur l'axe Hambourg-Munich.
- 3.2. En France : C'est dans le domaine du transport urbain que les pouvoirs publics ont décidé de concentrer leurs efforts, dans le cadre du VIe Plan.
- 3.3. En Grande-Bretagne : Pour l'instant aucun domaine particulier n'a été choisi; les efforts se répartissent à peu près également sur une mosaïque de techniques.
- 3.4. Aux Etats-Unis : Des organismes publics ont été créés et dotés de budgets de recherche importants : l'UMTA, l'OHSST, le JSESPC.

IV. Nécessité d'améliorer les méthodes d'organisation et de gestion de la recherche

L'importance des budgets en cause, l'interférence des diverses recherches et l'impulsion d'une collaboration internationale exigent que le jaillissement des techniques et le foisonnement des efforts soient structurés. Il est possible de procéder en 2 étapes :

4.1. Recensement, évaluation et choix des thèmes de recherche :

Dans cette phase, il s'agirait d'identifier les domaines où une amélioration est souhaitable, de recenser les solutions technologiques possibles, d'analyser les contraintes sociales et politiques pour élaborer des programmes dont on évalue le rapport coût-efficacité. De cette analyse devrait émerger un ensemble de programmes possibles qu'il importerait ensuite d'évaluer par des analyses.

4.2. Mise en oeuvre des projets de recherche : Cette phase consisterait à définir le projet en termes précis, la répartition des tâches entre les différents partenaires, les moyens financiers pour toute la durée du projet, les indicateurs aptes à mesurer le degré d'avancement du projet et son coût.

Les conditions de mise en place d'un système de gestion

Un tel système de gestion devrait surmonter les difficultés suivantes :

il faudrait :

- que l'organisation des responsabilités soit claire,
- que soit affecté un budget aux thèmes de recherches,
- que soit créé un organe de direction et de contrôle des projets.

CHAPITRE II

LA R.D. EN MATIERE DE TRANSPORT ROUTIER

Les recherches dans le domaine du transport routier portent sur les 3 composantes d'un système :

- les véhicules,
- la voirie,
- les systèmes de contrôle et de régulation du trafic.

Parmi ces 3 composantes, seules la 1^e et la 3^e font l'objet de recherches approfondies.

En matière de propulsion, l'objectif premier est la réduction de la pollution.

En matière de régulation de la circulation, l'objectif est celui de la sécurité et de la fluidité du trafic.

I. La propulsion des véhicules routiers

1.1. Diversité des thèmes de recherche

- pour l'horizon 1973, les recherches visent à obtenir une pollution moins importante du moteur classique à combustion interne;
- pour l'horizon 1975 : moteurs thermiques à combustion externe; mais ce dernier type de moteur produit un bruit important et a de faibles performances;

- pour l'horizon 1975-1980 : système de propulsion électrique par accumulateurs;
- pour l'horizon 1980-1985 : introduction de la pile à combustible.

1.2. Dispersion des efforts : En se plaçant dans la perspective des échéances énumérées ci-dessous, la dispersion des efforts ne résulte pas de la diversité des thèmes de recherche, mais elle existe au niveau de chaque thème et prend deux formes :

- . la multiplicité des actions de recherche sur les mêmes variantes d'un thème;
- . la multiplicité des variantes sur le même thème.

A. Les moteurs thermiques : Les recherches sont conduites par les constructeurs automobiles et jusqu'à ces dernières années chaque constructeur a mené séparément ses propres activités de recherche. Ces recherches, sauf pour les trois grandes firmes automobiles telles que G.M., portent sur des techniques déjà connues afin de limiter les risques d'échec. Ces techniques sont la turbine à gaz, le moteur Wenkel et le moteur Sterling. Dans le domaine des techniques avancées, la dispersion des efforts est assez faible. En Europe, seules British Leyland et Bertin et Cie ont travaillé sur le moteur à vapeur. Aux Etats-Unis, la dispersion est plus grande. Les pouvoirs public pourraient seulement favoriser telle ou telle filière qui leur paraîtrait plus intéressante et amener ainsi certains concurrents à s'associer.

B. La propulsion électrique :

- a) Les accumulateurs : Actuellement la plupart des grandes firmes d'accumulateurs ont entrepris d'importantes recherches sur les accumulateurs performants. Mais pour l'instant tous les systèmes retenus se révèlent difficilement utilisables en raison de leur prix de revient. Ici la concurrence est souhaitable - et elle joue à plein - car elle permettra normalement d'abaisser le prix de revient du produit. Alors qu'aux Etats-Unis et au Japon les constructeurs automobiles sont directement engagés, en Europe ils semblent demeurer à l'écart de ce domaine.
- b) Les piles à combustible : Les recherches entreprises dans ce domaine n'ont pas été menées au départ dans ce contexte de concurrence industrielle, tel que celui de l'accumulateur ou du moteur thermique. L'intervention de l'Etat a permis ainsi de limiter la dispersion des efforts dans le cadre national. En Grande-Bretagne une société de recherche financée par les pouvoirs publics a été chargée d'étudier systématiquement les possibilités offertes par cette technique, et en France les efforts ont été peu à peu coordonnés. Mais à l'échelle internationale la dispersion est grande. Les seuls efforts de coordination à noter à ce niveau émanent des entreprises : PRATT et WHITNEY (Etats-Unis) et ENERGY CONVERSION (Grande-Bretagne), ALSTHOM (France) et ESSO (Etats-Unis).

...

1.3. Comparaison des moyens mis en oeuvre

Comparés aux efforts déployés aux Etats-Unis et au Japon, ceux qui sont consentis en Europe pour lutter contre les nuisances dues à la voiture automobile paraissent négligeables. Près de 500 MF seront attribués au cours des prochaines années aux Etats-Unis et au Japon, le budget total prévu est de 75 MF. A titre de comparaison, les dépenses prévues au VIe plan en France sont de 12 MF. Dans les autres pays européens, les moyens mis en oeuvre ne sont guère plus importants.

Les mêmes disproportions se retrouvent dans le secteur privé : FORD et GM ont chacune dépensé 65 MF au cours des dernières années dans ce domaine.

II. Contrôle et régulation du trafic routier

2.1. Cadre général des actions de recherche

La dispersion des efforts est de règle dans ce domaine, tant sur le plan national que sur le plan international. Les industriels de l'électronique et du matériel électrique de signalisation ont un vaste marché à conquérir sur lequel la concurrence est très importante. D'autre part, les Etats prennent une part active aux recherches mais ne contribuent nullement à leur coordination. Seule la G.B., par l'intermédiaire du R.R.L. est parvenue à coordonner ses actions. En France l'I.R.T. et le SETRA devraient y parvenir sous peu.

Les activités les plus importantes sont entreprises aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne, en Allemagne et en France.

2.2. La coopération internationale

Tous les problèmes de contrôle et de régulation du trafic sur autoroutes et routes doivent être traités au niveau international pour qu'une homogénéité du réseau soit assurée quant aux équipements et modes d'échange d'informations entre automobilistes et postes centraux de contrôle, ce qui est fondamental si le véhicule est actif dans le système global comme cela est parfois envisagé. Avant même que des recherches ne soient entreprises il est rationnel qu'un programme de recherche soit élaboré en commun au moins au niveau européen.

C'est dans ce but que les Communautés Européennes, d'abord dans le cadre du groupe AIGRAIN, ensuite dans celui des opérations COST, ont engagé des procédures de coopération internationale. Actuellement ces travaux en sont à la préparation d'un projet d'action à entreprendre en commun, visant la définition d'un système global d'aides électroniques à la circulation et le lancement de recherches sur certains appareillages.

De son côté l'OCDE a engagé une action visant dans un premier temps à faire le point des connaissances acquises dans ce domaine dans les divers pays membres de l'organisation. C'est une étape élémentaire nécessaire qui a permis un premier dialogue entre les divers responsables nationaux de ces problèmes. Mais aucune décision n'a été prise pour l'élaboration d'un programme de recherches commun. Toutefois les travaux de synthèse de l'OCDE seront une base intéressante pour l'orientation des actions de recherche et développement ultérieures.

CHAPITRE III

TRANSPORTS EN COMMUN INTERURBAINS A GRANDE VITESSE

I. Les techniques en présence

Dans le domaine du transport interurbain à grande vitesse (250 km/h à 500 km/h) les recherches portent sur trois techniques :

- le développement de la technique ferroviaire classique pour atteindre des vitesses de 300 km/h;
- les deux autres techniques n'ont pas encore fait l'objet d'actions de développement ayant conduit à une exploitation : il s'agit de la sustentation par coussin d'air pour laquelle les études ont atteint le stade du prototype, et la sustentation magnétique qui n'en est qu'au stade du laboratoire.

II. Concurrence ou complémentarité

2.1. Analyse de la situation

- la technique ferroviaire : les objectifs varient d'un pays à l'autre.
 - a) en Italie et en Grande-Bretagne la vitesse maximale envisagée est de 250 km/h et la technique ferroviaire semble bien adaptée à cette vitesse;
 - b) en Allemagne, la vitesse désirée est de 400 à 500 km/h sur le parcours Hambourg-Munich, principale relation envisagée. Or les experts des chemins de fer s'accordent pour considérer la vitesse de 300 km/h comme un seuil au delà duquel de nouvelles techniques d'infrastructure ferroviaire devraient être mises en oeuvre, qui sont actuellement peu développées et dont le coût prévisible risque d'être très élevé;
 - c) au Japon, l'exploration du domaine des vitesses supérieures à 250 km/h par la technique ferroviaire ne semble pas avoir été envisagée. Les efforts portent sur la sustentation magnétique pour les vitesses supérieures à 250 km/h;
 - d) aux Etats-Unis, malgré la mise en service du turbotrain en 1968, il semble que la technique ferroviaire soit abandonnée au profit de la technique de sustentation par coussin d'air pour les vitesses allant jusqu'à 500 km/h;
 - e) en France par contre, l'accent a été mis sur les techniques ferroviaires et le turbotrain pour la réalisation d'une liaison rapide Paris-Lyon.

Innovations techniques

En Grande-Bretagne et en France les programmes de recherche n'ont pas été établis pour répondre à une demande particulière de transport mais pour étudier et délimiter l'éventail des possibilités d'une nouvelle technique appliquée au transport. En effet, en France on ne semble pas s'orienter vers la desserte de liaisons interurbaines avec l'Aérotrain et en Grande-Bretagne les distances entre agglomérations sont

telles (300 km en moyenne) qu'on ne prévoit pas de dessertes par Hovertrain.

Aux Etats-Unis la situation est un peu différente car les besoins de transport terrestre à grande vitesse sont nombreux, notamment dans le Northeast Corridor où, d'ici 1980, une nouvelle ligne sera sans doute nécessaire.

En revanche, en Allemagne comme au Japon, c'est dans le cadre de projets précis qu'ont été développées les techniques de sustentation magnétique.

2.2. Situation de concurrence

- La sustentation magnétique face aux autres techniques : La technique de sustentation magnétique ne semble pas assez développée pour supporter éventuellement la comparaison avec les techniques ferroviaires et la sustentation par coussin d'air. Il semble que cependant le coût de son infrastructure serait deux fois supérieur à celui de l'Aérotrain. Par ailleurs, les frais d'entretien seraient plus élevés.
- Le train à grande vitesse face au véhicule guidé sur coussin d'air :
 - a) Adaptation à la demande de transport.
 - Intérêt de la vitesse : Dès sa mise en service, le véhicule sur coussin d'air pourrait offrir des vitesses notablement supérieures à celles des trains à grande vitesse. Or deux questions se posent :
 - intérêt de choisir le système offrant la plus grande vitesse de service possible,
 - inconvénient de choisir un système sur infrastructure nouvelle qui se trouve rapidement à la limite de ses performances.

Cependant, l'avantage qui résulte de l'augmentation de la vitesse de service doit se mesurer non pas en temps relatif, mais en temps absolu. Ainsi l'intérêt d'une réduction du temps de transport de 4 h à 2 h est plus importante pour l'utilisateur qu'une réduction de 2 h à 1 h. Sur le trajet Paris-Lyon, l'introduction du turbotrain permet un voyage aller-retour dans la demi-journée et laisse 2 à 3 heures de libre à l'utilisateur. Or l'introduction de véhicules roulant à 500 km/h ne lui procurerait qu'une heure utile supplémentaire. Il y a pour chaque liaison étudiée un seuil de vitesse au delà duquel toute augmentation de celle-ci entraîne des avantages qui restent marginaux.

 - Homogénéité du réseau de transport : Si la nouvelle ligne est homogène par rapport au réseau existant, il y a la possibilité qu'elle puisse simultanément opérer un changement de situation le long de son tracé et dans les prolongements du réseau ancien. Mais cet avantage n'est valable que dans la mesure où les prolongements du réseau ancien n'évolueront jamais vers la technique de la nouvelle ligne.

b) Propulsion sans contact

Les deux techniques avancées, sustentation magnétique ou par coussin d'air, ont recours à des systèmes de propulsion, analogues dans leur principe : l'absence de contact.

- La propulsion par hélice aérienne est la seule à être opérationnelle, mais elle a un mauvais rendement et produit un bruit important nécessitant un système complémentaire pour la zone urbaine.
- La propulsion électrique nécessite en revanche soit l'équipement électrique de la voie, soit la présence d'un groupe électrogène à l'intérieur du véhicule. Il faudrait donc mettre au point soit un système de captage, soit un groupe électrogène léger. Elle est de toutes façons la propulsion la plus souhaitable, tant pour des problèmes de rendement, de freinage, de nuisances, que de pénétration en zone urbaine.

c) Les coûts

Les dépenses d'entretien de l'infrastructure étant minimales, il semble que cela puisse compenser le surcroît de prix de l'infrastructure à la construction, surcroît qui n'est d'ailleurs évident que dans le cas où la pénétration en zone urbaine est spécifique.

III. Cadre des actions de recherche

3.1. Technique ferroviaire

- Remarques générales : Jusqu'ici aucun programme de R.D. en matière de transport ferroviaire n'a été mené dans un cadre international en dépit de la grande similitude des programmes nationaux; si l'UIC - et l'ORE notamment - est chargée de certaines actions de R.D. dans un cadre international, celles-ci ne visent qu'à la standardisation de matériels et d'équipements; ces actions restent toujours extérieures au domaine de l'innovation technologique.
- Opportunité de la coopération internationale : Une répartition des tâches pourrait entraîner une accélération des recherches, une diminution de leur coût et une extension des marchés, alors qu'une concurrence entre procédés nationaux ne peut que déboucher sur un cloisonnement des marchés en raison de l'importance des fonds investis dans chaque système.
- La coopération européenne : A condition de s'inspirer des leçons de la coopération en matière aéronautique, une coopération européenne en matière de recherches sur le matériel de transport ferroviaire devrait s'instaurer. Mais cette coordination serait plus difficile que dans le secteur aéronautique car, notamment en France et en Allemagne, la concentration n'est pas aussi avancée et la désignation de chefs de file poserait sans doute des problèmes délicats à résoudre.

3.2. Les techniques avancées

Les efforts de recherche dans le domaine de la sustentation magnétique du coussin d'air et du moteur linéaire sont menées dans le cadre de programmes nationaux étanches les uns par rapport aux autres.

- Analyse par pays :

- a) Au Japon et en Grande-Bretagne, les programmes de recherche et développement, portant respectivement sur la sustentation magnétique et le coussin d'air, sont purement nationaux : au Japon les JNR sont chefs de file et en Grande-Bretagne Tracked Hovercraft Ltd conduit en exclusivité le programme du Hovertrain tandis que le TRAG coordonne les activités sur le moteur linéaire.
- b) En France, la Société de l'Aérotrain est chargée par l'Etat d'exécuter un programme de recherches et d'autre part exerce des activités privées de recherche de marché, de passation de contrats avec d'autres firmes. La structure est à peu près identique aux Etats-Unis où les recherches sont coordonnées par l'Office of High Speed Ground Transportation (OHSGT) et effectuées par des entreprises privées. Toutefois, la mission de l'OHSGT est beaucoup plus vaste puisqu'elle concerne tous les systèmes de transport à grande vitesse. Ainsi de nombreuses études d'aérodynamique notamment sont valables indépendamment du type de matériel et n'ont été faites qu'une fois; en France au contraire certains résultats que possédaient déjà les techniciens ferroviaires ont dû être retrouvés par les chercheurs de la Société de l'Aérotrain; il y a donc eu perte de temps et de moyens.
- c) En Allemagne, le Gouvernement Fédéral s'est intéressé aux activités de MBB et de Krauss Maffei et a procédé à la création de la société HSB. Dans une certaine mesure ce sont ces sociétés qui ont déclenché l'action gouvernementale.

- La coopération internationale :

- a) Opportunité de la coopération internationale.
On peut considérer que toute action de recherche doit connaître deux phases : dans la première, il peut être intéressant de laisser se multiplier les idées nouvelles jusqu'au stade du développement où il est possible de les classer les unes par rapport aux autres; dans une deuxième phase il est alors nécessaire de concentrer tous les efforts pour la mise au point d'un système final sur la base d'une synthèse des résultats obtenus au cours de la première phase.
- b) Tentatives de coopération entre pays.
 - . Le DOT avant la création du centre de Pueblo fit appel à la société Tracked Hovercraft Ltd pour obtenir la plus grande masse d'informations sur le coussin d'air. Récemment le DOT a passé avec Tracked Hovercraft un contrat d'échange continu d'information. Les travaux de Grumman sont effectués sur la base des expériences antérieures de la firme britannique.
 - . En Allemagne la société HSB a sollicité la collaboration de la société de l'Aérotrain pour apprécier la technique du coussin d'air.
 - . En matière de moteur linéaire une certaine collaboration s'est amorcée entre le TRAG et MERLIN-GERIN.
- c) Possibilité de coopération entre pays.
 - . Pour le coussin d'air : une coopération semble possible entre la France et la Grande-Bretagne dans la mesure où les recherches sont menées par un nombre réduit de firmes, avec l'aide de l'Etat, et que l'apport de chaque pays serait comparable.

- . Dans le domaine de la sustentation magnétique : une collaboration internationale semble plus difficile dans la mesure où seule l'Allemagne s'intéresse à cette technique et où deux grands groupes industriels sont en cause.
- . La possibilité de coopération avec les Etats-Unis ou le Japon semble difficile à réaliser en raison de la disproportion des moyens entre ces pays et l'Europe et de la volonté de ces pays de rattraper rapidement leur retard.

IV. Conclusions

- Pour les distances allant de 500 km à 1.000 km les nouvelles techniques semblent nécessaires.
- Pour les distances de 200 à 500 km le chemin de fer semble bien adapté.
- La coopération internationale est extrêmement souhaitable.
- Du point de vue de la rationalisation des choix budgétaires, l'effort consacré au transport interurbain semble moins justifié que l'effort qui devrait être entrepris dans le domaine urbain.

CHAPITRE IV

LES SYSTEMES DE TRANSPORT EN AGGLOMERATION URBAINE

I. Généralités

La situation actuelle est caractérisée par deux phénomènes :

- la multiplicité des projets,
- le nombre réduit d'expérimentation technico-économiques des techniques nouvelles. Pourquoi ce paradoxe alors que les besoins sont immenses ?

II. Analyse détaillée des difficultés de recherche en matière de transport urbain

2.1. Multiplicité des besoins de transport

- Description du marché des systèmes de transport urbain
 - a) Le transport par véhicule automobile individuel ou collectif arrive à saturation et le développement des autres moyens de transport a été quasi nul durant les dernières décennies.
 - b) D'autre part, la demande de transport s'est accrue du fait de la séparation au sein des villes des zones d'affaires ou industrielles et des zones d'habitation.

- c) Pour éviter une congestion de la circulation routière, l'implantation d'un réseau en site propre devient urgente et le chemin de fer souterrain est inadapté aux besoins modestes des villes moyennes.
 - d) Les pôles d'activité ont des superficies de plus en plus grandes sur lesquelles le déplacement à pied est trop long et pour lesquelles les systèmes de transport classique sont inadaptés.
- Conquête d'un marché existant.
 - a) L'existence de ces besoins n'a pas manqué d'attirer l'attention des chercheurs et dans certains pays les pouvoirs publics ont financé certaines recherches et les ont coordonnées.
 - b) De même, la menace de voir le véhicule routier classique regresser par suite de la pollution atmosphérique a stimulé la construction de véhicules prototypes à propulsion électrique hybrides ou alimentés par accumulateurs.
 - Diversité des systèmes.

Il existe jusqu'à présent 4 types de systèmes : voiture individuelle (ou taxi); autobus; chemin de fer urbain; tapis roulant lent. Ils correspondent chacun à une fonction précise. Il s'agit d'améliorer ces systèmes (principe de l'URBA 30, qui est un chemin de fer urbain perfectionné) ou de créer des systèmes intermédiaires (principe du Dial-A-Bus de Ford, du Starrcar, du Monocab). L'étude comporte un tableau comparatif des fonctions et des avantages et inconvénients des quatre types de systèmes énumérés.

2.2. Les problèmes de l'exploitation commerciale d'un nouveau système de transport

- Inventaire des réalisations.
Seules quelques expérimentations commerciales ont été réalisées avec des monorails, notamment au Japon où des groupes industriels (HITACHI, MITSUBISHI, TOSHIBA) ont acheté des brevets étrangers. Les autres réalisations opérationnelles ont été effectuées aux Etats-Unis pour la desserte d'aéroports (Houston, Dallas et Tampa).
- Nécessité d'une expérimentation commerciale.
Lorsque la construction d'un prototype, opération onéreuse, est décidée, ceci signifie que le projet a montré suffisamment d'intérêt pour être mené jusqu'à la réalisation et à son exploitation. Mais cet intérêt s'apprécie par rapport au marché. Or s'il a été facile d'évaluer le marché pour les réalisations déjà effectuées (liaisons d'aéroports), en revanche l'opération est beaucoup plus délicate en agglomération urbaine.
- Obstacles au développement commercial des nouveaux systèmes de transport.
 - a) Absence d'expérimentation commerciale.
Ce n'est qu'au regard des résultats d'une expérimentation commerciale, même limitée, que l'on pourra passer à une exploitation généralisée. Aussi est-il souhaitable que

ces premières expérimentations soient encouragées et elles ne peuvent l'être que par l'Etat, qui devrait, par exemple, garantir les collectivités locales contre les risques de cet essai.

- b) Incertitude sur l'adéquation du système aux besoins. Les industriels, dans la plupart des cas, se sont davantage préoccupés de développer des systèmes sur la base de nouvelles techniques que de répondre à une demande du marché. La démarche des industriels consiste à produire une technique et à se demander ensuite quelle pourrait être son application. Il serait souhaitable qu'une démarche inverse soit adoptée. Il conviendrait d'organiser une confrontation permanente entre les divers besoins des communautés urbaines et les avantages des techniques nouvelles.

2.3. Rentabilité des actions de recherche et développement

- Absence de mise en application : un capital important se trouve immobilisé au moment où les besoins deviennent de plus en plus aigus.
- Absence de programme d'ensemble : Le nombre des techniques dans certains pays comme les Etats-Unis ou la France résulte d'un manque de coordination et de détermination des objectifs.
- Rôle de l'Etat : Toute action de recherche et développement implique des risques financiers qui dépassent souvent les possibilités des entreprises. L'intervention de l'Etat ne doit pas se limiter au financement des actions de R.D. mais doit également suivre la totalité des programmes dont la mise au point du prototype n'est qu'une phase intermédiaire.

III. Structures nationales de la recherche

On peut distinguer trois groupes de pays :

- . La France et les Etats-Unis où la recherche est intensive et où l'Etat joue un rôle important.
- . La Grande-Bretagne et le Japon où l'Etat détient l'initiative des actions de recherche.
- . L'Allemagne, l'Italie, la Suisse, où l'Etat n'est intervenu à aucun niveau.

3.1. Les pays du groupe I

Près de 80 % des systèmes nouveaux qui ont dépassé le stade de l'étude conceptuelle sont développés en France ou aux Etats-Unis.

- Localisation des activités de recherche : L'importance et la dissémination des aides de l'Etat ont entraîné l'éclosion de petites sociétés d'études plus aptes à répondre aux besoins d'un marché limité. Seules quelques très grandes firmes (Ford, GM, Westinghouse aux Etats-Unis; Renault et la Société Neyrpic en France) ont des activités de recherche. A la différence des universités françaises, les universités américaines jouent un rôle important dans la recherche en matière de transport.

- Programme d'ensemble :

- a) aux Etats-Unis : depuis 1970 un effort a été entrepris pour parvenir à une meilleure coordination d'action et de programmes;
- b) en France : dans le cadre du 6e plan, un programme est en cours d'élaboration, qui choisira les systèmes devant faire l'objet d'une expérimentation commerciale.

- Moyens mis en oeuvre : En France le budget "Modes de transports nouveaux" pour 1971 était de 23 MF. Le budget américain en 1969 était de 130 MF (UMTA).

3.2. Les pays du groupe 2

- a) Fonction coordinatrice de l'Etat : La recherche est organisée en Grande-Bretagne par le TRAG et au Japon par le ITIM (Ministère du Commerce International et de l'Industrie). Mais l'action de ces organismes est trop récente pour que l'on puisse porter un jugement sur leur utilité.
- b) Ouverture sur les travaux de recherche effectués dans les autres pays : Au Japon, aussi bien qu'en Grande-Bretagne, on a eu recours aux techniques étrangères pour éviter les doubles emplois sur le plan international.
- c) Localisation de la recherche : Toutes les recherches effectuées en Grande-Bretagne sont consécutives à une action de TRAG. Par contre, au Japon le secteur privé, malgré l'action du ITIM, poursuit ses propres actions de recherche.

3.3. Les pays du groupe 3

- Abstention de l'Etat. En Allemagne toutefois une action s'amorce qui pourrait être d'envergure puisqu'il s'agit d'élaborer un programme national comparable à celui qui existe pour le transport interurbain.
- Localisation des activités de recherche : En raison de l'absence d'aides d'Etat, seules les grandes firmes ont pu entreprendre des actions de recherche et développement : En Allemagne, Krauss Maffei (qui a cependant reçu une aide d'Etat) MBB, MAN et Italcementi, Montecatini, Edison, Pirelli en Italie, Habegger en Suisse.

IV. Recherche au niveau international

4.1. Organismes internationaux

L'OCDE finance l'expérimentation d'un système d'autobus à la demande (Dial-A-Ride) de Ford-Europe à Emmen (Pays-Bas).

4.2. Coopération internationale

Plusieurs accords d'ampleur limitée entre entreprises ont été conclus; mais ils ne résultent pas d'une politique de coopération internationale entre les Etats. Tout reste encore à faire dans ce domaine. Il serait donc souhaitable qu'une coopération internationale fût organisée qui éviterait que des pays, où des besoins identiques apparaissent, ne recommencent des recherches déjà faites par d'autres pays avec succès.

La grande étendue du champ d'action devrait permettre à chaque pays d'utiliser son potentiel de chercheurs dans une voie particulière. Chaque pays, ou groupement de pays, pourrait disposer du monopole du développement et de la commercialisation de quelques systèmes. Ceci aurait, entre autres, l'avantage de réduire le coût des systèmes. Ils pourraient, en effet, être construits en série et l'avantage que la communauté internationale en retirerait serait double :

- (i) - Le coût de la recherche et du développement serait moindre.
- (ii) - Il serait mieux amorti, le marché étant plus large.

Toutefois, il ne faut pas ignorer les difficultés d'une coopération internationale engageant un grand nombre de pays. Des accords limités, coordonnant l'action de quelques pays sur des thèmes de recherche et de développement précis, pourraient constituer les prémices d'une véritable coopération internationale.

CHAPITRE V

LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT MARITIME

Jusqu'à une période récente, les actions de R.D. portaient sur l'amélioration des techniques existantes, avec une attention particulière à l'augmentation de la taille des navires, l'amélioration des manutentions à bord et dans les ports, le transport spécialisé. Ce n'est que récemment que les nouvelles techniques sur les formes de navires, sur la sustentation et la propulsion ont donné lieu à d'importants travaux.

I. Les efforts de recherche dans le domaine du transport maritime

1.1. Aux Etats-Unis

Un programme portant sur l'amélioration des techniques connues et l'introduction des nouvelles techniques a été élaboré. Des moyens financiers très importants ont été affectés à l'exécution de ce programme (en 1969, 40 MF, soit 4 fois l'ensemble des dépenses françaises).

1.2. En Grande-Bretagne

Malgré l'absence de programme national, la structuration de l'industrie navale en ce qui concerne la R.D. permet une certaine concentration des efforts, notamment par l'intermédiaire de la British Ship Research Association (35 MF en 1971, soit le double des dépenses publiques et privées en France).

1.3. En France

La contribution de l'Etat est très réduite par rapport à ce qu'elle est en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis

II. Les innovations techniques

2.1. Etat d'avancement des actions de recherche et développement

- Hydroptères : La plupart des efforts de R.D. sont orientés vers les appareils de la deuxième génération à ailes immergées. Ils sont menés en France, en Grande-Bretagne, en Suisse et aux Etats-Unis. Si l'industrie est très active en Italie (Rodriquez et Seaflight produisent 80 % des appareils construits dans le monde occidental), la recherche en revanche est poursuivie dans les autres pays mentionnés.

A plus long terme, aucun pays n'a défini un programme de R.D. sur des appareils de très fort tonnage susceptibles d'effectuer de longues traversées.

- Aéroglisseurs : En Grande-Bretagne, en France, et surtout aux Etats-Unis, les actions de R.D. sont orientées vers des appareils de gros tonnage à vocation transocéanique.

2.2. Comparaison de l'aéroglisseur et de l'hydroptère

- Marché du transport maritime à grande vitesse : Deux gammes d'appareils : les engins d'un tonnage inférieur à 200 T en charge et ceux de 4.000 T.
 - a) Les aéroglisseurs de 200 T correspondent au marché du transport de voyageurs sur courtes distances comprises entre 20 et 220 milles marins.
 - b) Les aéroglisseurs de 4.000 T et plus correspondent au transport de marchandises sur les grandes distances.
- Concurrence entre aéroglisseurs marins et hydroptères : Cette concurrence n'a lieu pour le moment que sur le marché du transport de passagers où les appareils ont de faibles tonnages.
 - a) taille et capacité
 - b) puissance
 - c) vitesse
 - d) contrôle et manoeuvrabilité
 - e) confort
 - f) coûts d'exploitation

L'analyse comparative de chacun de ces facteurs, faite par l'étude, conduit à conclure que les champs d'application de l'hydroptère et de l'aéroglisseur marin sont souvent divergents:

- . L'hydroptère est bien adapté aux exploitations avec alternance de fonctionnement à vitesse réduite et vitesse élevée.
- . L'aéroglisseur est bien adapté au transport transocéanique.
- . Pour ce qui concerne le transport de passagers sur courte distance, seule une étude économique pourra définir dans chaque cas particulier la technique la plus apte.

2.3. Cadre général de développement des programmes dans les divers pays

- Hydroptère

a) Nature des programmes :

- En Grande-Bretagne il n'existe pas de programme national au même titre que pour les aéroglisseurs. Les activités se situent dans le cadre de la firme Southern.
- Aux Etats-Unis il existe différents programmes civils menés à l'initiative du secteur privé, et un programme militaire. Toutefois la US Navy's Hydrofoil Systems Testing Unit est chargée d'expérimentations, mais ne joue pas de rôle comparable à celui du JSESPO.
- En France la totalité des recherches s'insère dans un cadre militaire.
- En Suisse les programmes se situent dans la perspective du développement industriel de la firme Supramar (le grand constructeur sur licences de Supramar étant Rodriquez de Messine).

b) Localisation des actions de recherche et développement :

Les programmes militaires ont été confiés à des firmes aéronautiques, tandis que les programmes civils sont menés généralement par des entreprises ayant des liens avec la constructions navale. Ceci explique que les appareils de deuxième génération (plus sophistiqués) aient été étudiés dans le cadre militaire principalement.

- Les aéroglisseurs

a) Nature des programmes

- En Grande-Bretagne et en France les programmes de recherche et développement ont été menés dans un but d'utilisation civile, bien qu'une utilisation militaire ne soit pas exclue.
- Aux Etats-Unis les recherches sont entreprises en collaboration par l' US Navy et l' Administration maritime.
- Contrairement au cas de l'hydroptère, les programmes de recherche et développement ont une dimension nationale tant en France qu'aux Etats-Unis ou en Grande-Bretagne.

b) Localisation des activités de recherche et développement

- En Grande-Bretagne plusieurs sociétés participent à l'exécution du programme de recherche et développement en collaboration avec le NPL.
- Aux Etats-Unis la participation de l'Etat se limite à l'élaboration du programme qui est exécuté par le secteur privé.
- En France une seule société, la Sedam, est chargée du développement des aéroglisseurs marins. Elle a une responsabilité importante dans l'élaboration des programmes de R.D. et travaille en collaboration avec les organismes publics. En revanche elle n'est pas une société industrielle et doit rassembler les collaborations industrielles pour la réalisation des appareils.

- Comparaison des moyens mis en oeuvre pour le développement des aéroglisseurs et des hydroptères : Cette comparaison fait apparaître un net déséquilibre largement en faveur de l'aéroglisseur.