

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT,
DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS
ET DE LA MER

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DU TERRITOIRE

MINISTÈRE DE LA RECHERCHE
ET DE LA TECHNOLOGIE

RAPPORT DE LA COMMISSION PRÉSIDÉE PAR JEAN-JACQUES PAYAN

LES TRANSPORTS TERRESTRES

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT 1990-1994

LA DOCUMENTATION FRANÇAISE

Monsieur le Directeur,

Les transports terrestres, routiers et ferroviaires jouent un rôle essentiel dans la vie économique et sociale d'une nation moderne. Le développement des nouvelles technologies de communication, de l'électronique, de l'informatique et des matériaux nouveaux ainsi que les progrès touchant des domaines de recherche plus spécifiques aux matériels et aux systèmes de transports, conduisent à intensifier l'effort de recherche et de développement dans ce domaine.

En novembre 1983 nous avons lancé un premier programme de recherche et de développement technologique dans les transports terrestres (PRDTTT) qui s'est achevé fin 1988.

Le Comité d'évaluation et de prospective (CEP) mis en place pour le piloter et présidé par M. Lagasse a souhaité qu'une évaluation globale et scientifique des résultats soit effectuée par une personnalité extérieure au PRDTTT.

Monsieur J.-J. Payan
Directeur de la Recherche RNUR
9-11, rue du 18 juin 1940
92500 Rueil-Malmaison

Le rapport de M. Parriaud, remis en mai 1983, a été suivi, à sa demande, par une étude des effets du programme sur les entreprises, par une comparaison européenne et par une analyse du fonctionnement interne du PRDTT. Elles ont été réalisées par des intervenants extérieurs au programme. En parallèle, le CEP a conduit une réflexion prospective sur les orientations à privilégier.

Ces travaux montrent l'importance des impacts industriels obtenus. Ils confirment le rôle dynamisant de cette structure interministérielle légère. Cela nous conduit à souhaiter que l'effort soit poursuivi, dans cet esprit, jusqu'en 1993, année d'ouverture du grand marché unique européen, en intégrant un certain nombre d'inflexions.

Cette seconde phase du programme devra introduire plus fortement encore la dimension européenne en la pensant à la fois en termes de compétitivité et de coopération, notamment pour les secteurs des transports qui sont encore largement cloisonnés sur une base nationale.

Mais il ne saurait y avoir de progrès sans prise en compte du rôle des transports dans la vie quotidienne : les problèmes de fiabilité, de disponibilité et de sécurité doivent donc être au cœur des travaux entrepris, tant dans leur dimension humaine que technique.

Enfin il convient d'élargir l'effort entrepris sur les enjeux à long terme et de renforcer les collaborations qui se sont établies entre équipes de recherche publiques et industrielles.

Nous vous remercions d'avoir accepté de conduire une mission de propositions sur le contenu et le mode de gestion du futur programme. Nous souhaitons disposer de votre rapport pour la fin avril 1989. Pour ce faire, vous pourrez vous entourer des personnalités de votre choix et prendre tous les contacts que vous jugerez utiles. Nos services vous apporteront tout l'appui nécessaire.

Paris, le 21 mars 1989

*Le ministre de l'Équipement,
du Logement, des Transports et de la Mer*



Michel DELABARRE

*Le ministre de l'Industrie
et de l'Aménagement du Territoire*



Roger FAUROUX

*Le ministre de la Recherche
et de la Technologie*



Hubert CURIEN

Au terme de la mission qui m'a été confiée, je tiens tout d'abord à exprimer ma plus vive et amicale gratitude aux membres de la Commission des Transports terrestres, sans la compétence et l'enthousiasme desquels ce rapport n'aurait pu voir le jour :

François de Charentenay,
adjoint au directeur de la recherche du groupe PSA

Philippe Chartier,
directeur scientifique de l'AFME

Gabriel Dupuy,
professeur d'économie à l'université Paris-XII et à l'École nationale des Ponts et Chaussées

Raymond Monnet,
directeur général adjoint honoraire de la SNCF

Jean-Claude Parriaud,
président de la 3^e section du Conseil général des Ponts et Chaussées

Qu'il me soit également permis de remercier les représentants des administrations qui nous ont accompagnés et soutenus tout au long de cette mission :

François Buffet,
sous-directeur des matériels de transports au service des Biens d'équipement industriels

Philippe Eurin,
chargé de mission au ministère de la Recherche et de la Technologie

Yves Larroche,
chargé de mission au ministère de la Recherche et de la Technologie

Jean Orselli,
chef du service des études, de la recherche et de la technologie au ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer

Georges Philippe,
adjoint au chef du service des études, de la recherche et de la technologie au ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer

Mes remerciements vont aussi aux différents services du ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du Territoire (SERBE et SERICS), du ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer (SERT, DTT et DSCR), du ministère de la Recherche et de la Technologie (DGRT), de l'AFME et de l'ANVAR, pour l'aide précieuse qu'ils ont apportée aux travaux de notre Commission.

Enfin, je remercie particulièrement Geneviève Le Bigot qui a effectué la relecture et la mise au point de ce rapport, dans sa version définitive.

Que tous sachent combien j'ai apprécié leur collaboration efficace et sympathique.

Jean-Jacques PAYAN

Sommaire

Introduction générale	11
Chapitre 1	
Bilan et évaluation du PRDTT 1984-1988	13
Historique	15
Bilan financier	18
Bilan thématique	21
1. Transports guidés (Thème A)	21
2. Circulation et exploitation routières (Thème B)	25
3. Organisation des transports (Thème C)	28
4. Technologie automobile (Thème D)	30
5. Hors thème	33
Les évaluations	35
1. Extraits de l'évaluation de M. Parriaud	35
2. Extraits de l'évaluation de Centrale Management	38
3. Extraits de l'évaluation du CSI de l'école des Mines	41
Chapitre 2	
Comparaisons internationales	45
La compétition internationale sur les marchés des transports terrestres . . .	47
1. Évolution du marché des transports en Europe.	47
2. Le secteur automobile en France, en Europe et dans le monde	53
3. Le secteur des véhicules industriels, des autocars et des autobus	55
4. Le marché de la gestion du trafic	57
5. L'industrie ferroviaire et la compétition internationale.	59
Aides publiques à la Recherche et Développement pour les transports terrestres	61
1. Comparaison des efforts globaux de recherche	61
2. Recherches dans les transports terrestres	63
3. Répartition par thèmes de recherche	67
4. Comparaison France-RFA	68
Les coopérations européennes	73
1. Les programmes communautaires	73
2. Les programmes EUREKA	76

Chapitre 3

Propositions pour un nouveau programme de recherche et développement des technologies des transports terrestres	79
Le contexte économique et géopolitique	81
Les thèmes transversaux	84
1. Sécurité (A)	84
2. Environnement (B)	85
3. Énergie (C)	87
<i>Thème 1 – Les transports guidés</i>	88
1. Les systèmes de contrôle-commande	89
2. Les matériaux et leur utilisation	93
3. La dynamique et la traction ferroviaire	94
4. Évolution des systèmes existants et nouveaux systèmes	96
5. Conclusions	97
<i>Thème 2 – Technologie des véhicules routiers</i>	99
1. La sécurité	100
2. La maîtrise de l'environnement	103
3. Technologie automobile	105
4. Technologies des poids lourds (VUP)	109
5. Technologies des véhicules de transport en commun	112
<i>Thème 3 – Les transports de marchandises</i>	115
1. Le développement de la logistique dans l'espace européen et ses conséquences	116
2. L'apport des nouvelles technologies	117
3. Les matériels de transport terrestre	118
<i>Thème 4 – Technologies du trafic et de la circulation routière</i>	120
1. Gestion de la voirie urbaine à feux et autoroutière	121
2. Le stationnement	123
3. Les transports en commun	124
4. Télébillétique et télépéage	124
5. SAE et SAI – Systèmes d'aide à l'exploitation et à la gestion – Systèmes automatiques d'information des usagers	125
6. Environnement	126
<i>Thème 5 – Organisation des transports et systèmes de mobilité</i>	127
1. Transports de marchandises	129
2. Transports de voyageurs	133
3. Sécurité	138
<i>Thème 6 – Analyse stratégique et compétition internationale</i>	139
Propositions d'organisation	141
Conclusion	143
<i>Liste des auditions</i>	145
<i>Lexique</i>	147

Introduction générale

Par lettre du 21 mars 1989 les ministres chargés de l'Industrie, des Transports et de la Recherche m'ont chargé d'une mission de propositions sur le contenu et le mode de gestion d'un programme faisant suite au Programme de recherche et de développement technologique dans les transports terrestres (PRDTTT) qui a été mis en œuvre de 1984 à 1988.

Pour conduire cette mission, je me suis entouré d'une commission composée de MM. F. de Charentenay, Ph. Chartier, G. Dupuy, R. Monnet et J.-C. Parriaud et de l'appui des services compétents des trois ministères concernés, de l'AFME et de l'ANVAR. Cette commission a procédé à l'audition de nombreuses personnalités couvrant l'ensemble des thèmes de recherche dans les transports terrestres.

Le rapport de la commission comporte trois parties :

- 1) Un bilan des travaux réalisés dans le cadre du précédent PRDTTT (1984-1988). Ce bilan est issu des différents rapports du Comité d'évaluation et de prospective qui ont été présentés, chaque année, aux ministres, et des trois évaluations réalisées en fin du programme par une personnalité et des organismes extérieurs.
- 2) Une comparaison internationale des efforts de Recherche et Développement de nos principaux concurrents dans le domaine des transports terrestres.
- 3) Des propositions pour un nouveau programme couvrant la période 1990-1994.

Jean-Jacques PAYAN
Directeur de la Recherche à la Régie nationale des usines Renault

Chapitre 1

**Bilan et évaluation du PRDTT
1984-1988**

Historique

Le Programme de recherche et de développement technologique dans les transports terrestres (PRDTT) a été mis en place, par décision conjointe du ministre chargé des Transports et du ministre chargé de l'Industrie et de la Recherche, le 10 novembre 1983, sous la forme d'un protocole d'accord.

Ce protocole faisait suite au rapport, établi à la demande de ces ministres, en janvier 1983, par une commission présidée par M. Lagasse, directeur des Affaires scientifiques et techniques à la Régie Renault. Ce rapport fut publié par la suite à La Documentation Française.

Aux termes de ce protocole, un Programme prioritaire de recherche et de développement technologique dans les transports terrestres était créé. Il faisait référence aux programmes mobilisateurs *Production et utilisation rationnelle de l'énergie et diversification énergétique* et *Recherche sur l'emploi et l'amélioration des conditions de travail*, et aux programmes finalisés *Transports terrestres* et *Habitat et cadre de vie* du Schéma directeur scientifique et technique du ministère de la Recherche.

Le programme associait, autour de dix thèmes, les moyens de la recherche publique, des agences d'objectifs et des industriels. Sa mise en œuvre couvrait la période 1984-1988, tout en prenant en compte les actions engagées en 1983. Des prévisions de financement (montant global, répartition par thème et par origine) étaient annexées au protocole.

La gestion du programme était basée sur la mise en place :

- d'un Comité d'évaluation et de prospective (CEP), à compétence consultative, composé de dix-huit membres nommés : six personnalités choisies en raison de leur compétence scientifique et technique, six représentants d'organismes, d'industriels ou de services conduisant des opérations de recherche, et six représentants d'utilisateurs de la recherche. Ce CEP a été mis en place par arrêté conjoint du ministre chargé des Transports et du ministre chargé de l'Industrie et de la Recherche, du 13 février 1984 (JO du 6 mars 1984). Un arrêté du même jour nommait M. Lagasse président ;
- d'une équipe de liaison associant les services gestionnaires des moyens pour les ministères chargés des Transports, de la Recherche et de l'Industrie, l'ANVAR, l'AFME, ainsi que la SNCF, et la RATP ;

– de comités de développement pour les grands projets.

Le Comité d'évaluation et de prospective s'est réuni onze fois depuis sa création, et, pendant la durée du programme, de 1984 à 1988, a remis chaque année aux ministres un rapport. L'équipe de liaison s'est réunie une fois par mois pour coordonner les actions des administrations associées au programme. Les comités de développement rassemblant régulièrement l'ensemble des partenaires concernés par un thème, ont défini les actions de recherches et assuré leur suivi.

En 1986, l'évolution du contexte et l'avancement des recherches ont conduit les ministres à resserrer le programme autour de quatre thèmes :

A – Transports guidés

B – Circulation et exploitation routières

C – Organisation des systèmes de transport

D – Technologie automobile

Les actions concernant les véhicules de synthèse et les véhicules routiers de transport en commun étaient alors considérées comme terminées ou suffisamment avancées. Dans le cadre de ce bilan, elles sont regroupées sous une rubrique «hors thème». Par ailleurs, le thème «Coopération et exportation» était abandonné.

Le tableau 1 donne la correspondance entre les dix anciens thèmes figurant au protocole de 1983 et les nouveaux thèmes A, B, C, D.

En 1988, année terminale du PRDTTT, le CEP a souhaité qu'une évaluation globale et scientifique soit effectuée par des personnalités ou organismes extérieurs au programme.

C'est ainsi que M. J.-C. Parriaud a été chargé d'une mission d'évaluation du bilan technique et financier, que Centrale Management, émanation de l'école Centrale de Paris, a procédé à l'étude de l'impact industriel et que le Centre de sociologie de l'innovation de l'école des Mines a analysé les procédures internes du PRDTTT.

Enfin, début 1989, un colloque bilan confirmant le succès du PRDTTT par la qualité des exposés et l'importance de la participation, a réuni tous les acteurs du programme et a présenté au public et aux trois ministres concernés les principaux résultats obtenus.

Tableau 1

Tableau de correspondance entre les anciens thèmes et les nouveaux axes

Dési- gnation	Nouveaux axes		Corres- pondance anciens thèmes	Anciens intitulés	Observations
	Intitulé	Montant (MF 84)			
A	Transports guidés	558,4	II III part V	Trains à très grande vitesse – Transports guidés Amélioration de l'existant – Systèmes nouveaux Technologies nouvelles	Pour la partie composants d'automatismes
B	Circulation et exploitation routière	212,2	VI part IV	Sécurité routière – Aide à la conduite automobile Transports urbains et régionaux	– Circulation et stationnement – Aide à l'exploitation et à l'information du public
C	Organisation des systèmes de transport	352,5	X IX VIII part IV part VII	Sciences sociales appliquées aux transports Coopération & Exportation Marchandises & Logistique Transports urbains et régionaux Nuisances & Confort	La région et la ville – Maîtrise des pointes – Promotion des TC Totalité sauf amélio- ration des véhicules
D	Technologie automobile	480,3	part V part VII	Technologies nouvelles et matériaux nouveaux Nuisances & confort	Totalité du thème V sauf composants d'automatismes Amélioration des véhicules (moteurs)
H.T.	Hors thèmes	726,4	I part IV	Véhicules utilisant rationnellement l'énergie Transports urbains et régionaux	Véhicules routiers de TC
Total		2 329,8			

Bilan financier

Le bilan financier d'un programme de R & D ne peut qu'imparfaitement en traduire les résultats. D'une part, les comparaisons entre montants effectivement engagés et prévisions de financement ne sauraient à l'évidence permettre de juger si les objectifs ont été atteints. D'autre part, un tel bilan ne prend en compte que les coûts et ne peut donner aucune indication ni sur les profits attendus des applications industrielles, ni sur les autres retombées.

Néanmoins, le bilan financier du PRDTTT constitue un instrument d'analyse de la gestion d'un grand programme. Il permet de suivre l'évolution, sur la durée de ce programme, des différents secteurs, de leurs besoins en R & D et de l'effort de recherche consenti. Enfin, dans la mesure où les actions lancées par le PRDTTT associent différents acteurs économiques et institutionnels, le bilan financier reflète nécessairement la plus ou moins grande mobilisation, selon les opérations, de ces acteurs.

Le protocole d'accord du 10 novembre 1983 chiffrait le coût global du programme à 2 749,1 MF 1989, l'apport des industriels et des exploitants, d'une part, et de l'État, d'autre part, devant représenter respectivement 47 % (1 292 MF 1989) et 53 % (1 457,1 MF 1989) du total.

L'effort de recherche réalisé – 4 350,5 MF 1989 – très supérieur aux prévisions, est à rapprocher de l'estimation des besoins (autour de 4 milliards) effectuée par le rapport de M. Lagasse en 1983. En outre, il a été supporté pour 67 % par les industriels et les exploitants.

L'analyse par thèmes (tableau 2) montre qu'à l'exception du thème C «Organisation des systèmes de transport» et des opérations regroupées hors thème, dont les réalisations sont restées inférieures à l'estimation initiale, les montants prévisionnels ont été largement dépassés. C'est en particulier le cas pour le thème A «Transports guidés» dont le montant a été presque doublé (1 025,8 MF) par rapport à ce qui était prévu (558,4 MF 1984) l'effort supplémentaire étant, pour l'essentiel, financé par la SNCF et la RATP. Sur ce point il faut souligner que le surcoût observé provient partiellement de la sous-estimation initiale, par ces organismes, de leurs dépenses internes de R & D. De même, les crédits consacrés au thème D «Technologie automobile», soit 791,1 MF (francs courants) dépassent de beaucoup le montant prévisionnel de 480,3 MF 1984, et, là encore, même si la participation de l'État a été très supérieure à celle qui était prévue, c'est à l'initiative des industriels qu'il faut imputer l'essentiel de l'augmentation.

La part prise dans le financement du PRDTTT par les industriels et les exploitants témoigne de leur mobilisation.

Dans le même sens, la forte contribution de la recherche institutionnelle (tableau 3) permet de considérer que le PRDTTT constitue un cadre adapté au développement du partenariat entre les laboratoires publics et le secteur privé.

Si la part relative des crédits publics a diminué, du fait de l'effort supplémentaire réalisé par les industriels, la participation de l'État n'en est pas moins assez proche des prévisions, malgré une nette réduction des crédits en 1986 et 1987, réduction en partie compensée par les crédits EUREKA.

Ce constat recouvre néanmoins des situations différentes selon les thèmes. Ainsi, le financement public du thème B «Circulation et exploitation routière» a été inférieur de près des deux tiers aux prévisions, et celui du thème C «Organisation des systèmes de transport» représente à peine plus du cinquième du montant prévu. Les raisons sont multiples. Elles peuvent tenir, tout d'abord, à la difficulté de définir précisément des actions dans les domaines qui ont connu peu de développements dans le cadre du PRDTTT, comme celui des relations internationales ou celui des recherches en sciences sociales. De plus, l'État n'intervient pas seul et certaines des actions envisagées n'ont pu être engagées en l'absence d'une demande de la part des acteurs économiques. Enfin, si les procédures d'appel d'offres qui ont été suivies paraissent bien adaptées à des opérations d'envergure et à forte composante technologique, on peut se demander si le développement d'actions plus limitées n'exige pas une simplification des procédures.

Le tableau 4 présente la répartition, selon leur origine, des crédits publics. Il comprend les financements EUREKA qui sont principalement attribués par les ministères chargés de la Recherche et de l'Industrie. On peut constater le redressement sensible, en 1988, dernière année du PRDTTT, du financement public. Pour 1989, la très forte croissance des crédits traduit la volonté de donner une impulsion décisive à la R & D dans le secteur des transports terrestres.

Tableau 2

Exécution du PRDTTT 1984-1988

Comparaison par thème entre les réalisations et les prévisions

	Thème A	Thème B	Thème C	Thème D	Hors thème
Prévisions	558,4	212,2	352,5	480,3	726,4
dont État	200,6	171,3	237,3	205	419,2
(MF 1984)					
Réalisation	1025,8	316,6	221,4	791,1	722,5
dont État	227,4*	62,1*	56*	284,3*	332,7*
(MF courants)					

* Hors financement EUREKA.

Tableau 3
Financement du PRDTTT 1984-1988

(MF 1989)

	1984	1985	1986	1987	1988	Total
Aides publiques.	370,6	425,6	239,5	210	273	1.518,7
Exploitants.	237,6	195,4	207,5	197,4	195,7	1.033,6
Industriels	395,6	384	329	341,6	348	1.798,2
Total PRDTTT.	1.003,8	1.005	776	749	816,7	4.350,5
Rech. institutionnelle	177	184	198,7	200,5	206	966,2

Tableau 4
Financements publics de 1984 à 1989

(MF courants)

	Ministères				Agences			Total y. c. EUREKA
	MRT*	MIAT*	MELTM*	Total minis- tères	ANVAR	AFME*	Total agences	
1984	27,2	38,6	118,1	183,9	58,4	62,3	120,7	304,6
1985	54,5	41,3	144,4	240,2	63,6	63,1	126,7	366,9
1986	46,2	26,4	85,7	158,3	20,7	30,4	51,1	209,4
1987	42,6	35,5	56,5	134,6	35	18,4	53,4	188,0
1988	72,7	80,8	44,3	197,8	30	27,3	57,3	255,1
Estim. 1989	125	130	86	341	37	36	73	414

(*) Y compris EUREKA.

Bilan thématique

1. Transports guidés (Thème A)

Les transports guidés, jusqu'à la mise en place du PRD'TTT, ne faisaient pas l'objet d'une réflexion globale associant tous les acteurs. Les activités de Recherche et Développement étaient la plupart du temps pilotées par des groupes administratifs (comités de développement) et portaient sur des projets particuliers (transports urbains, ARAMIS, Poma 2000) associant exploitants et constructeurs.

A partir des réflexions de la Mission *Transports terrestres*, puis à travers la mise en œuvre du PRD'TTT, les travaux se sont engagés dans un premier temps autour de deux thèmes : «Trains à très grande vitesse» et «Autres transports guidés». Le regroupement dans un thème unique, «Les transports guidés», a permis de trouver une unité qui se cherchait au travers de discussions et de négociations souvent bilatérales. Même si l'on doit considérer que le champ des grandes vitesses ferroviaires est un cas particulier, ce rapprochement est déjà un point à l'actif de ce thème.

Les travaux sur les transports guidés à très grande vitesse (thème 2) ont été marqués par la position particulière de la SNCF, seul exploitant concerné et interlocuteur principal des industriels du secteur.

Le comité de thème 3, «Autres transports guidés», a réuni, plusieurs fois l'an, à des niveaux de direction, les partenaires concernés : industriels (Alstom, Matra-Transport, MTE, CSEE), universités et organismes de recherche (Université de Lille I et INRETS associés dans le GRRT, LAAS/CNRS, ONERA-CERT), exploitants (SNCF, RAPT, TCL), ministères (Transports, Recherche, Industrie) et agences (AFME, ANVAR).

Pour des raisons d'efficacité, ce comité a confié à trois groupes d'experts, composés de représentants d'exploitants, d'industriels et d'organismes de recherche, le soin de proposer les grands axes des recherches et les actions ou projets à entreprendre dans les domaines suivants :

- les automatismes et leur développement au profit des transports guidés ;
- les nouvelles générations de matériels roulants ;
- les systèmes hectométriques.

Les propositions formulées ont été ensuite sélectionnées et classées par le comité.

Ce dernier, renforcé par une présence plus importante de la SNCF, est devenu pratiquement le comité de thème A à partir de la fin 1986, le problème des grandes vitesses y étant suivi par un groupe de travail animé par la SNCF.

Les grandes vitesses ferroviaires

L'objectif visé dans le rapport de la Mission *Transports terrestres* était "d'orienter le développement technologique vers les solutions les plus prometteuses tant au plan des besoins nationaux que des possibilités d'exportation".

La SNCF et les industriels concernés ont essentiellement travaillé dans le cadre de la réalisation du TGV Atlantique, et l'on peut dire que les résultats obtenus sont importants. Ce TGV peut, par rapport au TGV Sud-Est, être qualifié de TGV de 2^e génération, car il représente un saut technologique important que l'accroissement de la vitesse commerciale (de 270 km/h à 300 km/h) traduit imparfaitement : introduction de la micro-informatique sur la rame, motorisation synchrone autopilotée, suspension pneumatique, freinage, etc. Le prototype de ce TGV a récemment circulé à des vitesses supérieures à 400 km/h.

On peut toutefois regretter que des avancées supplémentaires n'aient pu être réalisées, notamment dans le domaine du captage de courant (pantographe asservi) et de l'allègement des matériels (bogies et structures de caisse).

Au plan national, le produit TGV – si l'on en juge par le projet TGV Nord et les demandes pour un TGV Est, voire un TGV européen – semble répondre aux besoins des capitales régionales et des grandes villes de province.

Son exportation doit trouver un terrain favorable avec l'émergence de la nécessité d'un réseau européen à grande vitesse. Reste le problème de l'adaptation du produit aux marchés extérieurs, face aux concurrences allemande et japonaise. Ces derniers ont atteint des performances moins brillantes que celles du TGV en ce qui concerne le système roue-rail, mais ils ont beaucoup investi dans le domaine de la sustentation magnétique. Dernièrement, le véhicule d'essai allemand Transrapid a atteint 416 km/h sur une voie d'essai en boucle.

On peut donc penser que la compétition pour les grandes vitesses terrestres va s'aiguïser et constituer un enjeu industriel important, le marché pour l'exportation hors d'Europe étant pratiquement vierge. Les recherches dans ce domaine peuvent également avoir des retombées appréciables pour des matériels destinés à des vitesses plus faibles.

Les autres transports guidés

Ce sont soit des transports urbains et suburbains, soit des transports ferroviaires autres que le TGV. Les objectifs étaient les suivants :

- "améliorer les conditions de desserte, d'exploitation et d'attractivité des transports collectifs de voyageurs";
- "maintenir, voire accroître, la compétitivité de l'industrie ferroviaire française".

La réalisation de ces objectifs passait par le développement de nouvelles générations de matériels ferroviaires, l'utilisation croissante d'automatismes pour les transports urbains et l'amélioration des performances avantages-coûts pour les systèmes intermédiaires (tramway, nouveaux modes automatiques) et les systèmes informatisés d'exploitation automatisée des réseaux.

En ce qui concerne les matériels ferroviaires de la SNCF, la maîtrise de la chaîne de traction à moteur synchrone et l'emploi de nouveaux semi-conducteurs ont permis la réalisation de locomotives dites «universelles» répondant au cahier des charges. Les premiers exemplaires de cette locomotive ont été mis en service en 1988. Il faut cependant noter, et ceci est à prendre en compte dans les perspectives d'exportation, que la filière à moteur asynchrone retient beaucoup l'intérêt dans le monde. Ce problème se pose aussi pour le TGV.

Le matériel de type métro classique est également en pleine évolution : au niveau de la caisse (voitures avec intercirculation complète et utilisation de matériaux nouveaux), au niveau du roulement (essieux orientables à roues indépendantes), au niveau de la transmission et de la motorisation (traction asynchrone et GTO, moteur roue CCM-Sulzer notamment), et au niveau de la transmission d'information (architecture informatique). Ces nouveaux matériels, dont un prototype a été testé en 1985 et 1986 (métro BOA), devront être adaptés dans le futur à une commande automatique intégrale des trains.

En ce qui concerne les automatismes, un certain nombre d'axes de recherche (mesure de la vitesse indépendante de l'adhérence, prévention ou détection d'obstacles, transmissions de données, aides aux opérateurs) et de grands projets sont en cours de réalisation. On peut citer SACEM (Système d'aide à la conduite à l'exploitation et à la maintenance) développé par la RATP et la SNCF avec un groupement de constructeurs et récemment mis en service sur la ligne A du RER ; MAGGALY (Métro automatique à grand gabarit de l'agglomération lyonnaise) qui consiste en l'automatisation intégrale de la future ligne D du métro lyonnais ; l'AIMT (Automatisation intégrale du mouvement des trains) projet RATP visant à vérifier la faisabilité de l'application à un métro existant d'une circulation entièrement automatique des trains ; le PAI (Poste d'aiguillage informatisé) dont la SNCF a commencé l'expérimentation et a déjà transmis un cahier des charges aux industriels.

Enfin il faut noter le démarrage du projet ASTREE (Automatisation du suivi des trains en temps réel) sur lequel la SNCF et la Deutsche Bundesbahn ont envisagé une coopération pouvant déboucher sur un projet EUREKA.

Les systèmes intermédiaires ont connu des fortunes diverses. Le système ARAMIS a franchi une nouvelle étape technologique (marche en rame en attelage immatériel, séparation et rendez-vous entre trois doublets), mais n'a pas réussi à convaincre au niveau du marché, ce qui a conduit à la fermeture du centre d'expérimentation technique.

Parmi les succès, on peut noter qu'après la réalisation du tramway de Nantes, la version installée à Grenoble a été munie d'un plancher surbaissé. Plusieurs villes françaises s'intéressent à ce système. La mise au point d'une famille de métros autour du VAL est un atout pour l'exportation. Enfin, sur le créneau difficile des transports hectométriques, le système SK débouche commercialement grâce à sa simplicité et sa fiabilité.

Il semble que ce soit pour les automatismes que les recherches aboutissent le plus difficilement en raison de la nouveauté des concepts (monoprocasseur codé utilisé pour le SACEM) et de la nécessité de maintenir un niveau de sécurité élevé. Les retards dans l'application du SACEM sont dus en partie à la nécessité de mettre au point des outils de validation et qualification des logiciels de traitement des données. C'est un domaine relativement neuf que le monde du transport commence à découvrir.

Globalement, on peut dire que les avancées qui ont été réalisées sont importantes dans les trois domaines qui ont été considérés.

Enfin, si les travaux menés sur le thème concernent essentiellement le système «roue-rail», ont également été suivis les travaux du groupe de coopération scientifique et technique franco-allemande, dit groupe DEUFRAKO, sur la faisabilité d'un système à propulsion par moteur linéaire avec sustentation magnétique.

Dans le domaine des transports guidés, l'effort réalisé a été environ le double de celui qui avait été prévu en 1983, lors de l'établissement du protocole de mise en œuvre du programme. Cela résulte de plusieurs facteurs :

- la recherche dans les transports guidés, malgré les nombreuses consultations intervenues lors du déroulement de la Mission *Transports terrestres*, était encore mal connue. Il y a eu sous-estimation de la capacité de recherche des grands exploitants et des besoins de recherche ;
- l'impact du PRDTT dans le domaine des transports guidés a été très important. Il y a eu de la part des grands exploitants (SNCF, RATP, TCL) et des industriels une mobilisation pour la recherche motivée par la situation du marché intérieur, la nécessité d'être compétitif sur les marchés internationaux et l'émulation provoquée par la confrontation d'approches différentes ;
- l'existence de grands projets – TGV A, SACEM, Métro du futur, tramway, MAGGALY, VAL, ASTREE, etc. – à objectifs ambitieux a stimulé un accroissement sensible de l'effort de recherche.

La forte mobilisation du secteur a été démontrée à l'occasion du colloque, «Transports guidés, systèmes, automatismes et communications» organisé du 3 au 5 février 1987 avec l'appui logistique de l'AFCEP. Lors de ce colloque qui a réuni plus de trois cents participants, parisiens et provinciaux, exploitants, industriels, chercheurs et universitaires, vingt quatre des communications présentées résultaient de travaux s'inscrivant dans le cadre de ce thème du PRDTT. Il n'en reste pas moins que l'effort de Recherche et Développement de la France dans ce

domaine demeure trois fois moins important que celui de la RFA pendant la même période.

2. Circulation et exploitation routières (Thème B)

Ce thème recouvre deux grands domaines :

- les problèmes urbains : réseaux de transports en commun, stationnement et régulation du trafic urbain (pour partie ancien thème 4) ;
- la circulation et la sécurité routières (ancien thème 6).

Problèmes urbains

En ce qui concerne l'évolution des réseaux de transports urbains, l'accent a été mis sur les systèmes d'aide à l'exploitation et les systèmes d'aide à l'information du public. Ces démarches participent également au mouvement d'ensemble d'intégration des technologies de traitement d'information et de télécommunication dans les systèmes de transport.

Un première caractéristique a été l'association des exploitants de réseaux de transport en commun aux actions du PRDTT, en particulier par le biais de groupes de travail animés par le CETUR. La participation de représentants de l'Union des transports publics (UTP) a été déterminante. On doit également noter que les aides ont, dans leur grande majorité, été attribuées aux exploitants de réseau, qui demeuraient donc maîtres d'œuvre des opérations.

Au plan technique, les actions et les premiers résultats ont été exposés lors des journées PRDTT organisées par l'AFCEC les 3, 4 et 5 février 1987.

Pour ce qui concerne les systèmes d'aide à l'exploitation de réseaux d'autobus urbains, on pourrait considérer qu'à l'exception de problèmes relatifs à des secteurs particuliers, comme les zones péri-urbaines à faible densité, il devrait être maintenant possible d'entamer des actions de standardisation (par exemple fondées sur le système SICLIC) qui ne sont plus du domaine de la R & D. Ces standards devraient dans la mesure du possible s'étendre jusqu'à l'équipement du poste de conduite des bus. Une approche industrielle des systèmes d'aide à l'exploitation (SAE) pourrait alors être mise en œuvre.

En matière de systèmes d'information du public, deux classes de produits peuvent être distinguées :

- les équipements installés dans des lieux publics : gares, arrêts d'autobus, stations... incorporant leur propre traitement (SITU, DIGIPLAN) ou reliés à un central donnant seulement un itinéraire, ou le couplant à des horaires en temps réel ;

– les systèmes intégrés dans des réseaux de télématique domestique et basés sur l'emploi du Minitel ou de la téléphonie à fréquence vocale. On peut considérer que l'on approche du terme d'une période exploratoire qui a vu la mise en place de prototypes de conceptions diverses et aboutissant à des services diversifiés.

La synthèse de ces acquis pourrait permettre dans un proche avenir de mettre au point une typologie des systèmes accompagnée de spécifications fonctionnelles, permettant d'envisager un minimum d'industrialisation des produits.

Dans ces deux domaines, divers développements préexistaient au PRDTT. On peut cependant considérer que le PRDTT a accéléré le processus, en favorisant les échanges d'idées et d'expériences entre les différents partenaires et en soutenant les initiatives des exploitants de réseaux.

En ce qui concerne la circulation urbaine et le stationnement :

- le PIAF (Pilote informatique d'armoire de feux) est rentré en phase opérationnelle pendant cette période ;
- la ZELT (Zone expérimentale laboratoire de trafic) de Toulouse est opérationnelle ;
- PRODYN (Programmation dynamique des feux) poursuit sa mise au point sur la ZELT.

Ces trois actions avaient été entreprises antérieurement au PRDTT, qui a néanmoins soutenu la fin de leur développement.

Si l'apparition des programmes EUREKA a contribué à valoriser ces actions, elle a aussi révélé la faiblesse numérique de la capacité de recherche mobilisable sur ce type d'action en France : il n'existe que deux équipes de recherche : l'une à l'INRETS (DART) et l'autre au CERT-ONERA. Les équipes opérationnelles (Ville de Paris, DREIF, quelques grandes villes) sont également peu nombreuses. La confrontation avec nos voisins britanniques, allemands et même italiens n'est pas à l'avantage de notre pays.

En matière de stationnement, mis à part le soutien au système de jalonnement dynamique de Bayonne et la mise en place d'un observatoire du stationnement à Metz, peu d'actions ont été entreprises. Les occasions d'expérimenter les innovations en matière de parcs de stationnement ne se sont pas présentées.

Une voie semble cependant se dessiner pour l'avenir : la télégestion des places de stationnement sur voie publique. Elle n'a pas encore donné lieu à expérimentation.

Enfin, un dernier axe, apparu récemment, la télémonétique, a été abordé sous deux aspects. Dans le domaine autoroutier : le télépéage a fait l'objet d'expérimentations et de développements utilisant les techniques hyper-fréquences avec les sociétés CSEE, SEMA-METRA, CGA. Dans le secteur des transports en commun, des réflexions sont en cours dans le cadre d'un groupe de travail de la DTT, comprenant les principaux exploitants, dont le Syndicat des transports parisiens.

La circulation et la sécurité routière

Il convient tout d'abord de noter un certain nombre d'acquis.

L'amélioration du recueil des informations routières est effective depuis la mise en place de l'Observatoire national de la sécurité routière. Une diffusion aux plans régional et départemental est réalisée. Le lancement des opérations RÉAGIR par la DSCR a beaucoup contribué à la sensibilisation des milieux concernés.

Outre la mise en place d'équipements (VER et remorque deux-roues au LCPC), la création en 1985 de l'INRETS (avec intégration de l'ONSER) a permis de transférer à la recherche institutionnelle les actions relatives à la sécurité secondaire et à la bio-mécanique.

Enfin, en matière de moyens de simulation de la conduite, un premier pas a été franchi par :

- l'étude des systèmes utilisés chez nos partenaires européens : Daimler-Benz à Berlin, VW à Wolfsburg, VTI à Linköping ;
- la mise en place du projet IMAGE (INRETS, LCPC, SETRA) permettant un début de manipulation d'images routières de synthèse et de couplage avec des techniques vidéo ;
- la création d'un groupe de travail associant des constructeurs (RNUR, PSA), des équipementiers (Michelin) et des instituts de recherche pour la rédaction du cahier des charges d'un simulateur de conduite performant. Il s'agira là d'un investissement de recherche important, de l'ordre de 120 MF, dont il importera de définir avec soin les caractéristiques et les modalités d'exploitation.

En revanche, on peut regretter que la recherche en matière de pédagogie de l'apprentissage de la conduite n'ait pas été développée. La mise en place d'une École nationale d'enseignement de la conduite, évoquée dans le rapport de 1982, n'a pas été réalisée. Elle aurait pu servir d'appui à une telle recherche, en tout état de cause difficile.

Enfin, un événement fondamental a complètement modifié tant l'environnement que la nature des travaux menés dans le domaine de la circulation routière et, en particulier, de l'information routière. Il s'agit du lancement de très grands programmes multinationaux de recherches et de développement, dans le cadre du projet EUREKA, depuis la mi-1986, avec les programmes PROMETHEUS, CARMINAT et EUROPOLIS, et dans le cadre de la CEE, avec le programme DRIVE.

Le total des montants globaux de ces programmes, jusqu'en 1994, est de l'ordre de 6 milliards de francs. Les industriels et instituts de recherche français y tiennent une place de premier plan.

Ce n'est évidemment pas le PRDTTT qui a lancé ces grands programmes. On peut cependant penser que les actions de Recherche et Développement aidées par

les appels d'offres du PRDTTT, qui associaient déjà les constructeurs automobiles, les industriels de l'électronique, les exploitants de la voirie et les organismes de recherche, n'ont pas été étonnés au fait que les industriels français ont pu très rapidement s'associer au démarrage de PROMETHEUS. On peut d'ailleurs noter que certains axes lancés par le PRDTTT figurent maintenant en bonne place dans les orientations de PROMETHEUS ou de CARMINAT.

Parallèlement, les administrations concernées, déjà sensibilisées et informées par leur participation au PRDTTT, ont pu participer efficacement aux discussions internationales de lancement et de suivi de ces grands programmes.

Si l'on peut attendre de ces programmes une accélération des progrès dans le domaine des aides à la conduite, à l'exploitation et à l'information routières, ce n'est pas sans soulever la question des positions relatives des programmes nationaux et multinationaux de Recherche et Développement. Ces perspectives conduisent aussi à considérer comme urgente la détermination d'une stratégie pour les divers intervenants : collectivités publiques, industriels, exploitants de la route et des télécommunications. La mise en place par la DSCR d'un groupe de réflexion stratégique et prospective sur l'information routière va dans ce sens. Mais une plus forte mobilisation des collectivités locales et notamment des grandes villes est souhaitable car elle encouragerait le développement des équipes de recherche dans ce domaine.

3. Organisation des transports (Thème C)

Ce thème, globalement assez hétérogène, couvrait les aspects sociaux et organisationnels des transports urbains et régionaux, les nuisances et le confort dans les transports, les transports de marchandises et les sciences sociales appliquées aux transports.

Dans ce thème, seuls les problèmes de nuisances et de confort, qui ont d'ailleurs été suivis par un sous-comité distinct, ont une dominante technologique. Le reste du thème C, à l'inverse des projets de réalisation «d'objets technologiques», a donné lieu à une multiplicité d'actions de montants réduits.

Contrairement aux autres thèmes, le montant réalisé n'a atteint que 67 % du montant prévu, le financement de l'État se limitant à 24 % des prévisions. Ces résultats traduisent la difficulté de mobiliser les équipes de recherche en socio-économie autour des thèmes relatifs au transports. Cela s'explique, d'une part, par l'extrême dispersion de ces équipes, déjà signalée dans le rapport de la Mission *Transports terrestres*, d'autre part, par le mécanisme de lancement des recherches par appels d'offres successifs, qui ne favorise pas la consolidation de l'intérêt des équipes pour la socio-économie des Transports. Seuls quelques pôles (INRETS, ENPC, ENTP-LET, CRET) ont connu un certain renforcement au cours de ces quatre ans.

Pour les transports de marchandises, les efforts principaux ont été réalisés par la SNCF avec le développement d'ETNA et de systèmes d'aide à la gestion des plans de transports. Les actions initialement envisagées, pour le suivi de la mise en place de plateformes logistiques ou d'informatisation de travaux de fret, n'ont finalement pas été engagées et des développements techniques relatifs à l'amélioration des transports de marchandises n'ont pas pris place dans le cadre du PRDTTT, faute de demande d'aide de l'État.

Les travaux menés dans le cadre de ce thème sont en cours d'évaluation, sous l'égide du président du comité, et des séminaires de discussion et de valorisation ont été tenus.

Les exploitants (SNCF, RATP) incluent dans ce type de recherches une démarche très orientée vers le marketing et une modélisation de la demande. Il semble utile de faire porter une partie des travaux relevant des sciences sociales sur ces thèmes et de les mener parallèlement au développement technologique pour cerner ses possibilités de diffusion. Certes, il s'agit plutôt d'études que de recherches, mais l'aspect de recherche méthodologique n'est pas à négliger.

La mise en place du CEDIT ainsi que les actions de diffusion de documentation entreprises au ministère chargé des Transports (opérations TRANSDOC dans le cadre ORIADOC) méritent également d'être notées.

Enfin, certains sujets prévus n'ont pas été traités par le PRDTTT du fait de leur reprise dans un autre cadre. C'est ainsi que les actions «Les transports, la région et la ville» et «Expériences pilotes de maîtrise des pointes et de développement de l'usage des transports collectifs» ont été reprises par le «Plan urbain» dans le cadre du programme «Urbanisme et technologie de l'habitat».

De même, l'opération «Villes plus sûres, quartiers sans accidents», lancée par la direction de la Sécurité et de la Circulation routière, a rendu sans objet l'action «Expériences pilotes de revalorisation et mise en sécurité des modes de proximité».

On a constaté aussi la difficulté de lancer, dans le cadre du PRDTTT, des actions de coopération internationale. Pour que de telles actions soient efficaces, il faut que des objectifs précis leur soient fixés et qu'elles puissent être soutenues avec continuité à assez long terme.

Notons enfin que, malgré leur importance pour l'exportation, les besoins de normalisation et les incidences de la réglementation technique ont eu peu de place dans l'orientation des programmes de recherche. La perspective du marché unique européen devrait conduire à mieux les prendre en compte. C'est d'abord la tâche des organismes de recherche institutionnelle, mais cette «veille réglementaire» peut aussi orienter la recherche incitative.

En définitive, si l'on note un certain nombre de résultats positifs dans le cadre du thème C, ce secteur semble avoir été moins bien traité que les autres, probablement à cause de ses difficultés à se structurer.

4. Technologie automobile (Thème D)

La technologie automobile constituait déjà avant la mise en œuvre du PRDTTT un volet important du soutien accordé à la Recherche et Développement par les ministères chargés des Transports, de la Recherche et de l'Industrie («ATP énergie-nuisances» et «ATP sécurité» depuis 1976, par exemple). Cette action de soutien a été renforcée à partir de 1980 avec le lancement du projet «Véhicules économes en carburant» et, surtout, à partir de 1982, date à laquelle le ministère de la Recherche et de l'Industrie a mis en place le Comité automobile, chargé de réfléchir sur les actions de recherches nécessaires à l'industrie automobile et de proposer un programme d'actions.

Ce comité, devenu comité de thème D du PRDTTT, a réuni, plusieurs fois par an, les constructeurs, les équipementiers, les représentants de la recherche publique et ceux des administrations. Dans un rapport, présenté pour la première fois en mai 1983 et réactualisé chaque année jusqu'en 1988, le comité a défini une soixantaine d'actions à soutenir afin de permettre à la recherche, puis à l'industrie, de gérer des projets à court, moyen et long terme dans les domaines suivants :

- les moteurs (amélioration des moteurs existants, amélioration des connaissances sur la combustion, analyse de principes nouveaux...);
- les fonctions (direction, suspension...);
- l'électronique associée (multiplexage, capteurs et actionneurs nouveaux...);
- l'emploi de matériaux nouveaux (céramiques, composites...).

Le comité a organisé trois colloques spécifiques en juin 1983, septembre 1984 et septembre 1986. Les principaux résultats furent ainsi présentés et mis en discussion dans le but de confirmer le bien-fondé de certains et de mieux orienter les aides en fonction des besoins nouveaux ou prévisibles.

Dès 1984, le PRDTTT a soutenu un Programme de recherche en électronique automobile (PRÉA) afin que ces techniques diffusent à travers toutes les fonctions de contrôle et de gestion des véhicules (électronique active, de contrôle, de confort).

A l'issue du second colloque, le Comité automobile, conscient du risque de dispersion entre de trop nombreuses actions, a proposé de focaliser l'effort sur quatre axes :

- le moteur propre et économe;
- le véhicule à fonctions enrichies;

- l'interaction entre la conception et la production ;
- le véhicule utilitaire performant.

A ces quatre axes et au PRÉA, il faudrait ajouter des actions permanentes telles que la veille technique et réglementaire, qui a pour fonction de tenir informés industriels et administrations des évolutions en cours hors de France.

Le moteur propre et économe

Lancé dans l'optique de la sévèrisation réglementaire prévue à l'horizon 1989 et au-delà, cet axe comporte :

- des actions de rattrapage à court terme sur les moteurs existants, confiées essentiellement à PSA et Renault ;
- des actions de recherche de base à long terme, afin d'améliorer les connaissances en combustion (allumage, aérodynamique interne, modélisation en trois dimensions). Ces actions sont généralement menées avec des laboratoires très spécialisés, souvent universitaires. Les techniques et les montages utilisés sont très complexes : laser Raman, piston et chemise avec hublots en quartz, etc. ;
- des actions de recherche appliquée visant à intégrer à moyen terme le maximum des résultats des recherches de base sur des moteurs dits de synthèse (moteurs à essence et Diesel), afin de réduire à la fois les émissions et la consommation. Ces actions associent les laboratoires et les industriels par l'intermédiaire du GSM (Groupement scientifique moteurs : IFP, Renault, PSA).

Des résultats très satisfaisants ont déjà été obtenus grâce au soutien des pouvoirs publics et des industriels, mais aussi grâce à la motivation des équipes. Cette réussite doit être amplifiée, ce qui passe par la poursuite de l'effort en faveur des actions de recherche de base et de recherche appliquée. Il faut cependant noter l'attitude défensive adoptée en matière de pollution, faute probablement d'industriels français maîtrisant la technique des pots catalytiques.

Il faut encore souligner les actions, peu nombreuses mais à long terme, visant à vérifier la faisabilité de moteurs de principe nouveau. C'est le cas des moteurs deux-temps à essence et d'un moteur à piston balistique et transmission hydraulique, pour lesquels l'enjeu énergétique et environnemental est très important.

Les véhicules à fonctions enrichies

Cette action a pour but d'améliorer toutes les fonctions existantes à bord d'un véhicule (assistance de freinage...), d'augmenter dans les années à venir le nombre de fonctions incluses systématiquement et de les intégrer au mieux dès la conception du véhicule.

A partir de ces orientations, le ministère de la Recherche a lancé en 1987 et 1988 deux appels d'offres portant sur dix thèmes (suspension pilotée, confort thermique, acoustique et vibratoire, traction intégrale, boîte de vitesse automatisée).

Le rapprochement réalisé entre les constructeurs, les équipementiers et les laboratoires a été un premier résultat positif qui demande à être confirmé par une action suivie. Par exemple, en matière de suspensions actives, l'industrie japonaise semble avoir pris une certaine avance.

L'interaction conception-production

Il s'agit d'intégrer, dès le stade de la conception du véhicule, les impératifs de production.

Avec le projet CIME 2000, qui a reçu dès son démarrage le soutien du ministère de la Recherche, Peugeot a lancé une opération d'envergure visant à fabriquer un prototype automobile de la façon la plus automatisée possible. Les premiers résultats montrent toute la richesse d'une telle action de recherche. Les retombées prévisibles sont nombreuses et permanentes sur la production et de la conception des nouveaux modèles.

Le véhicule utilitaire performant

Le projet VIRAGES, qui se terminera en 1989 et dont l'évaluation est en cours, constitue un banc d'essai et de démonstration important des recherches visant à réduire la consommation et les nuisances, à améliorer la sécurité, le confort et la rentabilité économique. Toutefois, les actions en faveur de l'utilitaire léger ont été rares.

Le Programme de recherche en électronique automobile

Lancé en 1984, ce programme a conduit à soutenir plusieurs thèmes sur lesquels coopèrent les constructeurs et les équipementiers (multiplexage, injection mono-point, embrayage piloté électroniquement, innervation électronique d'un poids lourd...).

Les enjeux économiques de ce domaine justifient les moyens mis en œuvre et l'effort des industriels et des pouvoirs publics. Les résultats obtenus seront surtout sensibles au début de la prochaine décennie. L'effort doit toutefois être poursuivi, essentiellement à travers les programmes de type EUREKA (PROMETHEUS, CARMINAT).

Au terme de cet examen rapide, il ressort que la plupart des actions lancées ont donné lieu à des résultats satisfaisants, certaines ayant conduit ou devant

conduire à des produits, des fonctions ou des améliorations notables. Seuls les travaux sur les matériaux nouveaux, toujours concentrés autour des fonctions d'habillage, n'ont pas connu d'application aussi rapide qu'escompté. Cela est dû à des lacunes dans les connaissances de base, mais aussi aux progrès que ces travaux ont stimulés dans le domaine des matériaux classiques. La situation en France semble correspondre à celle des pays étrangers.

Le bilan global du PRDTTT en matière de techniques automobiles peut ainsi être considéré comme très positif :

- des résultats industrialisables ont été obtenus et des fonctions nouvelles ou améliorées sont en voie d'installation sur les nouveaux modèles ;
- la collaboration développée entre les deux grands constructeurs d'une part, entre ceux-ci et les équipementiers d'autre part, représente une modification tout à fait substantielle – et féconde – dans la conduite de la recherche par les industriels ;
- la synergie entre les industriels et les laboratoires de recherche, quelque peu imposée au départ, est maintenant souhaitée par les partenaires et la méthode «d'appel d'offres interactif», fruit de ce dialogue, permet de mieux maîtriser la commande de recherche. Toutefois, il faut souligner que la complexité croissante des circuits financiers, l'enchevêtrement des responsabilités administratives et les délais nécessaires aux décisions ont été critiqués, comme étant peu compatibles avec les impératifs de secteurs industriels où la concurrence est vive ;
- des moyens importants ont été mis en place par les industriels et laboratoires en parallèle au soutien financier des pouvoirs publics.

5. Hors thème

Ont été regroupés hors thème les actions de recherches portant sur :

- les véhicules utilisant rationnellement l'énergie (ex : thème 1) ;
- les véhicules routiers de transport en commun (partie de l'ex thème 4).

Le premier point concernait des actions auxquelles prenait part l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME).

En matière d'économie d'énergie, les grands programmes de véhicules de synthèse (VESTA, ECO 2000, VIRAGES) ont un impact énergétique fort appréciable puisque les économies qu'ils doivent permettre représentent 78 % des 1,5 millions de TEP économisables à échéance de l'an 2000. De surcroît, ils présentent un très fort impact organisationnel sur la structuration de la Recherche et Développement. De nouvelles méthodes de travail ont été mises au point à l'occasion de ces programmes. Ils ont ainsi induit une forte amélioration de la productivité de la Recherche et Développement des constructeurs, dans le contexte actuel où la ressource technologique est une composante primordiale de la compétitivité du secteur.

Ces programmes existaient avant la mise en place du PRDTTT. On doit toutefois souligner les efforts méritoires des services concernés pour leur conserver une priorité absolue lors des années budgétaires difficiles 1986, 1987 et 1988.

Les autres opérations inscrites au PRDTTT, essentiellement les projets COREBUS et AUROCH, si elles n'avaient pas l'ampleur des programmes de synthèse, constituaient des projets audacieux. COREBUS, commercialisé sous le nom de PR 100-2 ou PR 180-2, et bientôt étendu aux bus R 312, peut être considéré comme un succès. Bien que le prototype AUROCH soit un succès technique, il n'a pas connu de début d'industrialisation, car le marché en est trop étroit et l'avantage à en attendre est réduit par la conjoncture pétrolière.

En ce qui concerne les véhicules routiers de transport en commun, on peut considérer que le soutien aux autobus R 312 «probatoires» a permis un passage rapide et sans problème à la fabrication en série et à la mise en service dans les réseaux, qui a commencé fin 1987. De même, les opérations R 332 (autocar de lignes départementales), Megabus (à caisse triple) et autobus Heuliez sont aussi des actions de développement ayant bien abouti.

La diversification de ces gammes devra sans doute être poursuivie. Cependant, si les résultats obtenus peuvent être mis à l'actif de la concertation établie entre l'État, les constructeurs et les exploitants, les exigences de l'exportation, hors de ce cadre quelque peu protégé, restent à prendre en compte. D'autre part, une association plus étroite entre les projets «autobus» et VIRAGES aurait été bénéfique.

Il est à noter que la Recherche et Développement concernant les véhicules électriques (VP ou autobus bimode) n'a pas reçu de soutien du PRDTTT, bien que ceux-ci soient cités dans le rapport initial. En l'absence d'apparition de nouveaux couples électro-chimiques performants ou d'évolution marquée dans les systèmes de motorisation et de régulation, les développements qui auraient pu être entrepris n'auraient constitué en fait que des rééditions d'opérations anciennes.

Les évaluations

Sur proposition du CEP, le programme a fait l'objet d'évaluations par des personnalités et organismes extérieurs. Trois évaluations ont été successivement conduites en 1988 par :

- M. Parriaud, ingénieur général des Ponts et Chaussées, à la demande des ministres chargés des Transports et de la Recherche. Le rapport a été remis en mai 1988 aux ministres et transmis aux membres du CEP ;
- Centrale Management qui, après avoir fait une première étude pour l'AFME sur les retombées des programmes concernant les véhicules économes, a été chargé par le ministère de la Recherche et de la Technologie d'une étude de l'impact industriel du PRDTT. En liaison avec cette évaluation, une étude comparative internationale sur les financements publics de la R & D dans les transports terrestres, commandée par le ministère de l'Industrie et de l'Aménagement du territoire, a été effectuée par l'université Louis Pasteur de Strasbourg ;
- le Centre de sociologie de l'innovation de l'école des Mines, qui a été chargé par le ministère des Transports d'une étude sur les procédures internes du PRDTT.

Afin de ne pas dénaturer les conclusions de ces études, il a été choisi de présenter les extraits les plus significatifs de chacun de ces rapports. L'étude sur la comparaison internationale est incorporée dans le chapitre 2.

1. Extraits de l'évaluation de M. Parriaud

Sur l'exécution du programme

“Parmi les actions de recherche-développement prévues, plus de 80 %, représentant plus de 95 % de l'évaluation globale, ont été entreprises et menées à bien en tant que recherche ; un nombre appréciable a été poursuivi jusqu'au stade du développement.

L'on a constaté une mobilisation certaine des différents acteurs, tant industriels que chercheurs...”

Sur l'exécution des engagements financiers

“Il est donc possible de conclure, globalement :

- que l'affectation de moyens financiers par l'État a été marquée par des difficultés budgétaires et est restée quelque peu inférieure aux prévisions du protocole d'accord ; il serait très souhaitable à l'avenir d'éviter les irrégularités dues à l'annualité budgétaire dans le déroulement de programmes de cette nature ;

– mais que les montants totaux affectés au PRDTTT ont largement atteint l'objectif fixé, même en tenant compte de l'effet d'affichage, et que l'intervention de l'État a entraîné une réelle mobilisation des industriels et des exploitants.”

Le rôle de l'État

“En prenant l'initiative de lancer le PRDTTT et en y participant, l'État a joué son rôle qui est d'introduire le plus possible de cohérence dans les actions de Recherche et Développement, notamment en veillant à mettre en communication interactive la recherche de base, dont il est largement responsable, et la recherche industrielle, et de veiller à ce que ne soient pas négligés, dans une perspective globale de développement, des objectifs qui n'apparaissent pas présentement majeurs aux industriels. Dans le domaine des transports, l'État exerce en outre des responsabilités qui font de lui un partenaire indispensable pour le développement des innovations qui touchent à l'organisation générale des communications, à la sécurité des usagers et à la protection de l'environnement...”

La mobilisation des acteurs

“En mettant des équipes de recherche, qui travaillaient séparément, en contact entre elles et avec des industriels, le PRDTTT a contribué à créer les conditions d'une Recherche et Développement efficace. Certes, la situation en France n'est pas encore aussi favorable que celle qu'on constate chez la plupart de nos partenaires étrangers : il n'y a pas encore chez nous assez d'équipes de recherche (notamment universitaires) qui affectent avec continuité des moyens suffisants aux recherches amont du développement industriel...”

Les sciences humaines, qui ont à éclairer de nombreux choix qui relèvent tant des pouvoirs publics que des industriels, concernant la stratégie de développement des systèmes de transport et des véhicules, méritent une attention particulière : faible nombre des équipes, difficultés pour créer entre elles les conditions d'une bonne collaboration et d'une continuité dans l'action, sont les conséquences d'une insuffisante sollicitation de ce secteur de recherche. Au rang des problèmes à prendre en considération dans une éventuelle poursuite du programme se trouve celui des moyens à affecter à ce domaine pour que les recherches y soient conduites avec continuité et efficacité...

Les grands fabricants de véhicules ont collaboré au sein du programme. Ce n'est pas la première fois, mais il semble que cette collaboration ait été plus ouverte que par le passé. Ce qui est plus nouveau, et prometteur, c'est qu'à cette œuvre commune ont été largement associés les équipementiers. Les grands exploitants de transport en commun habitués à conduire leur Recherche et Développement de façon autonome ont également mis en commun, avec les exploitants de réseaux de province, leurs réflexions et leurs moyens de recherche. Il en résulte, dans le domaine des transports guidés, des avancées mutuellement bénéfiques.”

Utilité du PRDTTT

“Il est indéniable que de nombreux résultats eussent été obtenus même en l’absence du PRDTTT : pensons par exemple au TGV-Atlantique. Mais le contraire serait bien étonnant. L’injection pendant quelques années de crédits incitatifs qui ne représentent que 3 % environ de la Recherche et Développement du secteur ne pouvait créer un bouleversement. Le PRDTTT n’en a d’ailleurs jamais eu l’intention.

Et cependant, c’est une sorte de révolution qu’il faut mettre à son actif. Si les protagonistes du programme reconnaissent que bien des recherches ont été menées plus tôt, plus vite et mieux qu’elles ne l’eussent été, il est plus important encore de noter que d’autres n’eussent même pas été entreprises sans le PRDTTT, qui a permis de lever bien des hésitations des ingénieurs devant l’action à risque que constitue l’engagement d’une recherche. Réducteur d’hésitations, le PRDTTT a été aussi un organisateur de la Recherche et Développement en y introduisant la structuration que nous avons décrite ci-dessus. Il a apporté les avantages d’une coordination des actions subordonnée à une vision globale et concertée des objectifs. Il a permis de sortir d’un découpage ancien et trop souvent étanche entre actions de recherches et entre celles-ci et le développement industriel : une telle action unificatrice est indispensable à l’efficacité de la Recherche et Développement industrielle.”

Recommandations

“Un nouveau programme devrait s’attacher à prolonger l’action unificatrice du PRDTTT. Entre l’accroissement des connaissances par la recherche et le développement industriel, il y a lieu d’établir une continuité interactive, l’un réagissant sur l’autre, qui implique le décloisonnement des actions, des équipes et des financements.

Il devrait aussi s’attacher à formuler ses objectifs de manière plus souple pour qu’ils puissent se prêter à une réorientation progressive, lorsque celle-ci est commandée par l’évolution des connaissances et des technologies, et celle des besoins et du marché. L’évaluation peut exiger parfois des ruptures lorsque, dans la poursuite d’un objectif, une voie de R & D nouvelle se révèle plus prometteuse. Gérer de la sorte requiert une information large, internationale et rapide, une bonne capacité d’analyse et une vigilance de tous les instants.

Un nouveau programme devrait être étroitement coordonné avec les grands programmes de recherche européens qui ont été montés pendant la première phase, ce qui implique aussi une nouvelle réflexion sur les objectifs. Il serait bon d’ailleurs que les actions placées dans le cadre européen fussent programmées et financées dans le cadre du même programme que les recherches menées dans le cadre national, ces dernières restant essentielles pour assurer la compétitivité de notre industrie et la présence de nos équipes de recherche dans la coopération internationale.

Une attention accrue devrait être portée à la normalisation. Il est assurément tentant de s'arrêter à l'idée que la norme s'applique mieux aux techniques fixes qu'à celles qui sont évolutives. Mais la mise au point rapide de normes de composants ou d'interfaces recouvre des enjeux industriels trop importants pour qu'on néglige de suivre au moins, précéder si possible, le mouvement international en la matière.

En définitive, une des vertus majeures de l'entreprise à laquelle nous avons consacré ce rapport est la continuité : c'est cette continuité qu'il convient maintenant d'assurer."

2. Extraits de l'évaluation de Centrale Management

"Les principales conclusions auxquelles ont abouti les évaluateurs sont les suivantes :

- l'allocation de crédits publics sur la période a permis d'accroître très notablement l'effort de R & D consenti par les entreprises du secteur. En outre, des programmes essentiels ont été lancés qui, sans ce soutien public, ne l'auraient pas été, en particulier les programmes de synthèse (figure 1) ;
- le PRDTT a favorisé une meilleure organisation des dispositifs de recherche, d'une part, à travers la structuration de la recherche au sein même des entreprises participantes et, d'autre part, par la mise en place de collaborations R & D entre des acteurs différents et parfois concurrents ;
- les actions de recherche ont, pour près de 60 % des sommes allouées, débouché sur des résultats intégrés dans des produits commerciaux ou faisant actuellement l'objet de développements industriels (figure 2) ;
- des économies d'énergie particulièrement significatives ont d'ores et déjà été obtenues dans le domaine du véhicule routier (programmes ECO 2000, VESTA, VIRAGES...). En outre, alors que l'investissement R & D est derrière nous, l'essentiel des économies vont apparaître d'ici l'an 2000 pour atteindre 1,5 millions de Teps par an avant la fin du siècle.

Recommandations

Un nouveau programme de soutien à la R & D dans les transports terrestres peut être aujourd'hui lancé. Il s'agit de prolonger l'action entreprise mais, également, d'élargir le champ d'intervention au contexte européen.

Élargir le champ d'intervention du programme de recherche au contexte européen

En raison de la lourdeur des coûts de Recherche et Développement actuels, les constructeurs automobiles se sont d'ores et déjà engagés dans plusieurs programmes européens en collaboration tels que PROMETHEUS, CARMINAT, EURO-POLIS...

Figure 1

Les programmes analysés. Le poids des aides publiques dans la décision de lancement

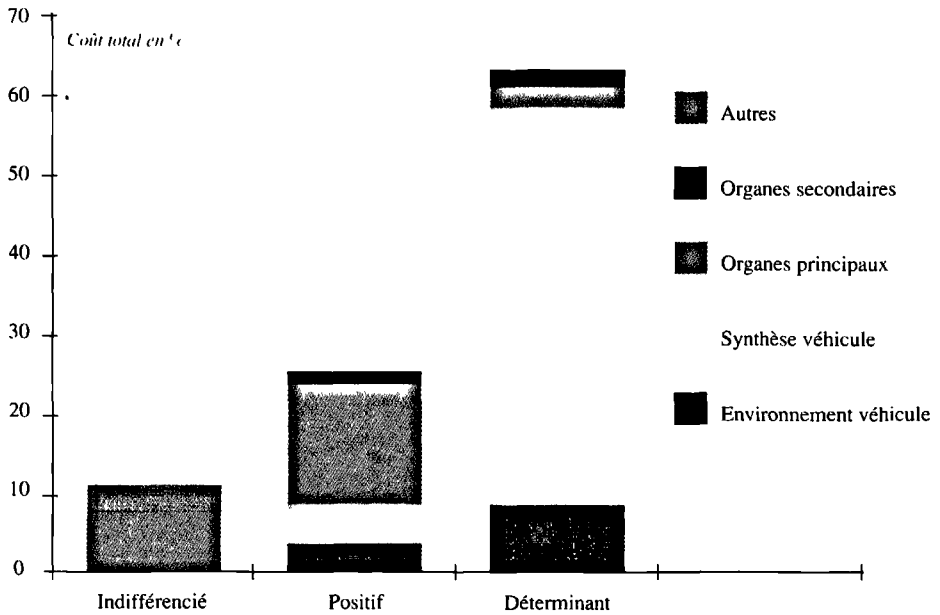
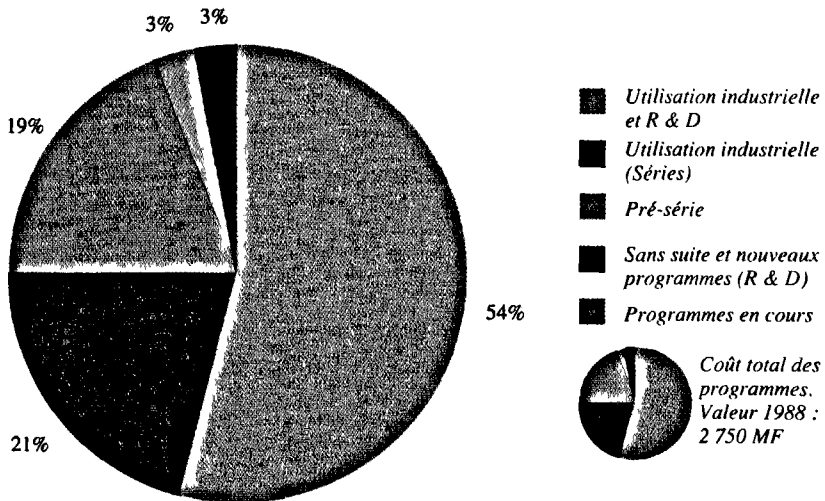


Figure 2

Échantillon des programmes. Utilisation des résultats. Décomposition du coût total



Les pouvoirs publics français devraient considérer avec attention toutes les actions susceptibles de rassembler les capacités de recherche et d'innovations au plan européen.

Dans le domaine ferroviaire, les recherches en collaboration constituent un enjeu clé pour se préparer à l'ouverture du marché européen.

Selon les domaines d'intervention, le PRDTT devra jouer la concertation ou bien initier des projets, en s'assurant à chaque fois de la complémentarité des actions soutenues en termes d'objectifs. Cela implique une programmation qui intègre dans le même cadre les opérations purement nationales et européennes.

Prolonger l'action entreprise en impliquant davantage d'autres acteurs

Des progrès peuvent être faits dans les années à venir en associant davantage d'autres acteurs pouvant apporter une contribution différente à la Recherche et Développement dans les transports terrestres. Les constructeurs d'équipements ferroviaires, les équipementiers et les centres universitaires de recherche sont en effet assez peu intervenus dans le cadre de ce premier PRDTT.

Les équipementiers automobiles : des enjeux industriels importants et une forte présence étrangère appellent une action volontariste des pouvoirs publics pour encourager et soutenir l'innovation dans ce secteur.

Les constructeurs d'équipements ferroviaires : une participation active des constructeurs d'équipements ferroviaires (MATRA, ALSTHOM, CSEE...) à la définition et au suivi des projets serait souhaitable. Dans le cadre du PRDTT, ces constructeurs étaient en effet principalement impliqués comme sous-traitants des principaux financeurs de la SNCF et de la RATP. L'ouverture des marchés internationaux les pousse aujourd'hui vers des développements technologiques importants pour rester compétitifs à l'exportation. Ces enjeux restent à prendre en compte dans l'allocation de ressources du prochain programme.

Les universitaires : aujourd'hui rares sont les centres universitaires de recherche présents dans le domaine des transports terrestres. Ils pourraient pourtant constituer une source de compétences originales. En particulier, le nouveau programme pourrait plus encore contribuer au développement de travaux, de problématiques peu abordées concernant les évolutions sociales, techniques et économiques qui affectent et vont affecter les transports terrestres.

Prolonger l'action entreprise en consolidant l'action conduite en faveur des groupements

Le PRDTT a incontestablement favorisé la constitution de groupements pour la conduite de recherches en commun et à moindre coût des différents acteurs en particulier dans le domaine automobile.

A court terme, il s'agit de consolider cette capacité à mettre en commun des compétences dans le domaine du transport guidé.

A plus long terme, des technologies transversales telles que les nouveaux matériaux, l'électronique, l'informatique et les technologies de l'information sont autant de raisons de développer ces actions coopératives dans le cadre de collaborations intermodales.

Les ouvertures affichées supposent une réflexion portant sur l'organisation et le mode de gestion du nouveau programme. Sa mise en œuvre doit laisser à ses responsables la possibilité d'afficher la diversité de ses objectifs et la synergie des actions conduites, en particulier :

– par modes de transports ou par secteurs :

. routiers, guidés,

. personnes, marchandises (domaines qui semblent avoir été en partie négligés jusqu'ici) ;

– par objectifs ou par disciplines :

. gestion du trafic, logistique, sécurité, confort, économies d'énergie, environnement,

. électronique, technologies de l'information, matériaux, sciences économiques et sociales (prospective, gestion de l'innovation, sociologie des transports) ;

– par types de partenariats :

. groupements français, européens,

. groupements associant différents concurrents d'un même secteur, ou motivés par des préoccupations technologiques communes aux différents modes de transports.

L'ensemble des orientations proposées sur la base de l'évaluation conduite suggère pour le prochain programme un effort dans le domaine des transports guidés et la poursuite de l'action engagée dans le domaine des véhicules routiers.

Ces actions sont à mener :

– en jouant l'Europe ;

– en ouvrant le programme aux équipementiers automobiles, aux constructeurs ferroviaires et aux universitaires ;

– en poursuivant l'effort de structuration et de concertation au sein des groupements.“

3. Extraits de l'évaluation du CSI de l'école des Mines

“L'évaluation des procédures internes qui nous a été demandée, est inséparable des deux autres évaluations : celle de l'impact (réalisée par Centrale Management) et du positionnement international (réalisée par le BETA). La séparation en trois équipes distinctes de ce qui est essentiellement lié rend l'exercice plus compliqué.

Notre recommandation essentielle est en effet pour l'avenir :

- d'intégrer les trois aspects : procédure, impact et positionnement ;
- de rendre cette intégration opérationnelle grâce à la constitution d'une base de données – au niveau de l'équipe de liaison – qui permette de rassembler les données comptables et les données scientifiques dans un même ensemble cohérent ;
- de faire cette triple évaluation en continu de façon à ne pas attendre la fin du programme.

Conclusions et recommandations

Le PRDTTT est un programme original, puisqu'il permet la coordination des recherches de plusieurs ministères et agences sans que pour autant chaque bailleur de fonds ne perde son indépendance.

Le PRDTTT met fin à un émiettement d'un monde des transports auquel il donne un peu plus d'identité et de cohérence. Il ne se transforme pas, du jour au lendemain, en un programme capable d'avoir une stratégie, au sens fort de ce terme.

L'évaluation d'ensemble des procédures est la suivante : le CEP et l'équipe de liaison se sont efforcés de faire passer le Programme de la version « mise en commun » à la version « stratégie », mais ils n'ont pu le faire à cause de problèmes d'organisation relativement importants. En très gros, et en se fondant sur les comptes-rendus, on peut dire qu'une grande partie du temps des comités fut pris par les problèmes d'organisation et par la considération, l'une après l'autre, de boîtes noires dont le contenu n'a pu être réagrégué.

Les thèmes sont des ensembles toujours trop petits ou toujours trop gros, en tous cas jamais pertinents. En effet, lorsqu'ils plaisent et semblent « naturels », c'est simplement qu'il recourent exactement les bornes d'un milieu professionnel ou d'une culture technique particulière, chose que le PRDTTT a justement pour but de discuter.

Il nous semble que, derrière la notion de thème, le Programme a poursuivi deux buts qu'il convient de distinguer. Le premier but est celui de gérer des unités d'action de taille extrêmement variable et de composition parfois transversale. Le second but, entièrement différent, est de mobiliser des professions en les faisant participer à la discussion et à l'animation du milieu de recherche. En poursuivant ces deux buts à la fois, le Programme s'est trouvé encombré et n'a donc pu rediscuter les décisions qui, comme on le sait, sont toujours techniques.

Nous proposons donc de distinguer ces deux fonctions :

- en abandonnant la notion de thème pour la remplacer par des unités d'action (voir ce que nous disons plus bas sur la base de données) ;
- en créant quatre comités professionnels correspondant aux quatre milieux naturels du PRDTTT, à savoir le monde des transports guidés, celui de l'automobile,

celui des exploitants privés et enfin, celui, aux contours plus flous, de la socio-économie du transport. Les dirigeants de ces comités siègent au CEP. Ils assurent l'animation et l'agitation de leur milieu, mais on ne leur demande pas de gérer en détail les unités d'action. On leur demande de concentrer tous leurs efforts sur la détection des priorités et des argumentaires que leur milieu professionnel considère comme essentiel.

Pour certaines grandes opérations, un comité de suivi est nécessaire, pour d'autres, un expert choisi dans les comités professionnels peut être suffisant.

Ce qui est important c'est que le CEP n'entende parler que des opérations qui posent des problèmes, mais que celles-là il puisse, quelle que soit leur taille, les analyser en détail et les traiter.

L'équipe de liaison a joué un rôle important dans le Programme. Comme mise en commun des avis, des opinions et des lignes budgétaires, elle a fort bien joué son rôle. En même temps elle n'a pu toujours dégager le CEP de tâches de gestion. Elle a été encombrée, elle aussi, de problèmes d'organisation et n'a pas eu les moyens en information qui correspondent à l'ampleur de sa tâche. La recommandation essentielle est ici fort simple : la base de données complète qui désagrège les unités d'action en ensembles assez petits doit être faite en continu par l'équipe de liaison.

Bien évidemment, l'information c'est le pouvoir. Une bonne base de données qui intégrerait les ensembles comptables et les ensembles scientifiques permettrait au CEP et à l'équipe de liaison d'avoir une véritable vue d'ensemble. Il n'est pas sûr du tout que les intérêts en jeu permettent une telle transparence.

Il convient de libérer complètement la tête du Programme, c'est-à-dire le Comité d'évaluation et de prospective, de façon à ne lui donner aucune autre tâche sinon précisément d'évaluer et de prospecter.

Le CEP doit être capable de lancer ses propres études et recherches et doit pouvoir se concentrer sur ces fonctions à long terme et sur l'évaluation de l'ensemble.

En résumé :

- dégageant des tâches du CEP ;
- construction d'une base de données vraiment opérationnelle au niveau de l'équipe de liaison ;
- constitution des comités professionnels chargés d'animer les professions et de leur servir de porte-parole ;
- grande liberté de gestion des unités d'action."

Chapitre 2

Comparaisons internationales

La compétition internationale sur les marchés des transports terrestres

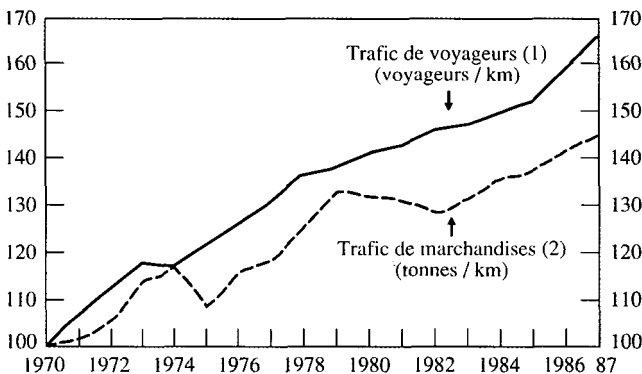
1. Évolution du marché des transports en Europe

Une étude, récemment publiée par la Conférence européenne des ministres des Transports, permet de se faire une idée des tendances de la demande en transports terrestres en Europe à partir de l'évolution des trafics de voyageurs et de marchandises de 1970 à 1987.

La figure 3a montre la croissance continue du trafic de voyageurs, qui est en moyenne supérieure à 4,3 % par an dans les pays de la CEMT. Le trafic de marchandises connaît aussi une croissance régulière, avec certains paliers historiques causés par le ralentissement de l'activité économique. L'activité soutenue de ces dernières années a porté le volume de tonnes/km à un niveau jamais atteint de 1 295 milliards de tonnes/km.

Figure 3

3. a
Tendances des trafics de voyageurs et de marchandises
1970 = 100



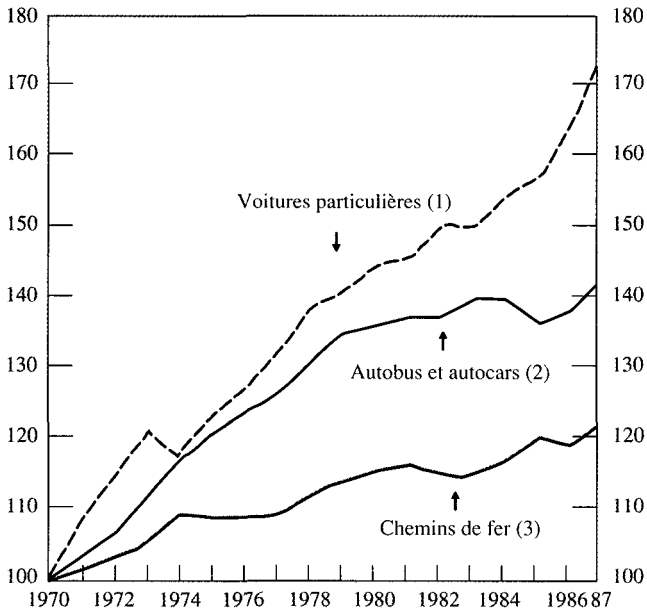
1. 17 pays : D.A.B. DK. E. SF. F. GR. I. N. NL. P. UK. S. CH. TR. YU.

2. 16 pays : D.A.B. DK. E. SF. F. I. L. N. NL. UK. S. CH. TR. YU.

Mais l'évolution de ces volumes ne se répartit pas équitablement selon les modes de transport. La figure 3b indique la prédominance croissante du trafic de véhicules particuliers sur les autobus et les autocars, et encore plus nettement sur le transport ferroviaire. L'écart entre le transport privé et le transport public a tendance à s'accroître, ce qui n'est pas sans conséquences importantes sur les problèmes de trafic, de sécurité et d'énergie. Le transport de marchandises connaît une évolution encore plus contrastée (figure 3c) en faveur de la route, le trafic ferroviaire de marchandises, en décroissance, ne représentant plus en 1987 que 87 % de son niveau record de 1974.

En France, la situation, étudiée par l'Observatoire économique et statistique des transports (OEST) présente des caractéristiques tout à fait semblables (tableau 5, figures 4 et 5). La forte croissance des transports de voyageurs et l'évolution plus incertaine du trafic de marchandises sont accompagnées d'une nette redistribution des modes de transport en faveur des transports routiers. La route représente plus de 80 % du trafic de voyageurs et 56 % du trafic de marchandises.

3. b
Tendances du trafic de voyageurs
1970 = 100
 (voyageurs / kilomètre)

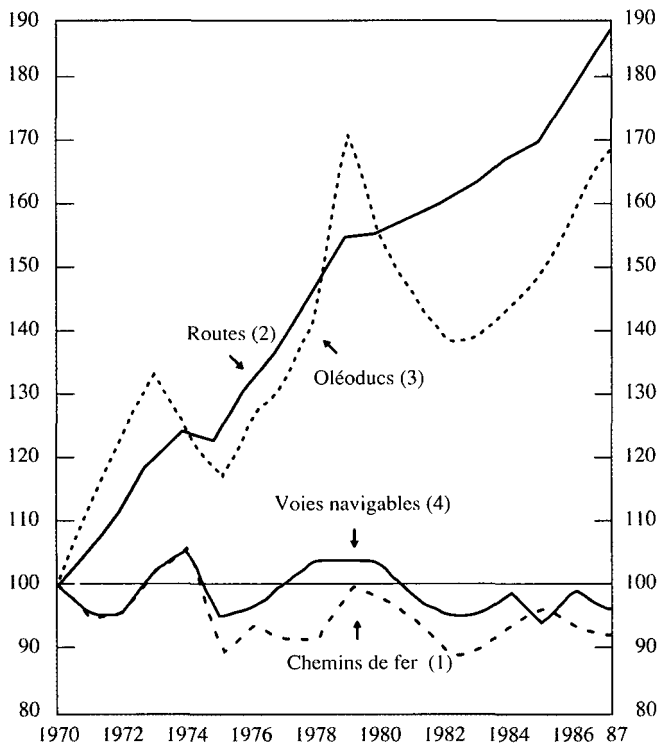


1. 14 pays : D.A.B. DK. E. SF. F. I. N. NL. P. UK. S. CH.

2. 16 pays : D.A.B. DK. E. SF. F. G.R. I. N. NL. P. UK. S. CH. YU.

3. Tous les pays de la CEMT

3. c
Tendances du trafic de marchandises
1970 = 100
(tonnes / kilomètre)



1. Tous les pays de la CEMT

2. 16 pays : D.A.B. DK. E. SF. F. I. L. N. NL. UK. S. CH. TR. YU.

3. 11 pays : D.A. B. E. F. I. NL. UK. CH. TR. YU.

4. 11 pays : D.A. B. SF. F. I. L. NL. UK. CH. YU.

Il est intéressant de noter (figure 6) que l'évolution des trafics intérieurs (voyageurs et marchandises) suit de très près l'évolution du PIB. On peut prévoir, d'après les indices actuellement disponibles, une croissance soutenue des besoins en transports intérieurs dans les prochaines années, avec une part très importante de la route, ce qui conduit, en raison des inconvénients induits par un trafic routier trop important, à porter une attention particulière aux transports multimodes et à rechercher une meilleure utilisation des infrastructures ferroviaires.

Tableau 5

Évolution des trafics intérieurs de voyageurs et de marchandises entre 1970 et 1987 en voyageurs/km pour les voyageurs et en tonnes/km pour les marchandises

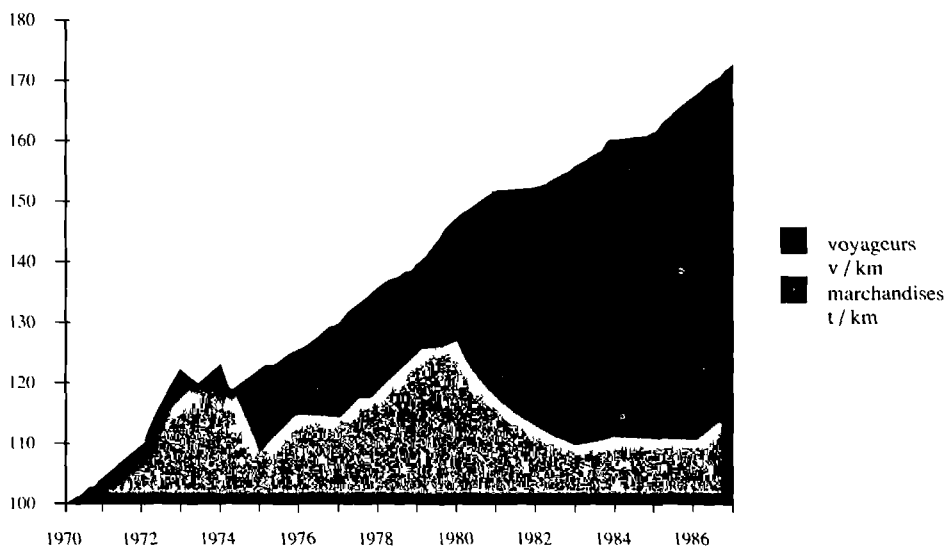
(en milliards)

Voyageurs				Marchandises			
	1970	1987	Variation (%)		1970	1987	Variation (%)
Véhicules particuliers (1).	304,7	536,8	76,2	Mesuré (1)			
Autobus, autocars				Route (CU < 3T) . . .	67,6	100,0	47,8
Autobus, Autocars-RATP	23,7	87,6	68,2	- compte propre . .	22,2	36,3	63,5
Autobus RATP	1,5	2,1	40,0	- compte d'autrui . .	45,4	63,7	40,3
Ensemble (2)	25,2	39,6	57,1	Rail	66,7	49,8	-25,3
Réseaux ferrés				Voie navigable	14,2	7,4	-47,9
SNCF	40,6	60,0	47,8	Cabotage national . .	12,3	12,6	2,4
Métro RATP	6,5	8,7	33,8	Total « mesuré »	160,8	169,8	5,5
Métro de province . .	0,0	0,4		Estimé (2)			
Ensemble (3)	41,1	69,1	46,7	Route (CU < 3T) . . .	5,0	13,3	166,0
Transport aérien (4) . .	2,0	9,0	450,0	Route (pavillon étr. sur territoire français)	3,5	11,8	237,1
Total = 1 + 2 + 3 + 4 . . .	379,0	654,5	72,7	Total « estimé »	8,5	25,1	195,3
				Total = 1 + 2	169,3	194,9	15,1
				(Route estimé + mesuré)	76,1	125,1	64,4

(*) Dans ce tableau, sont exclus le trafic maritime, celui des oléoducs et la partie internationale du trafic aérien. Les chiffres incluent en revanche le trafic routier des véhicules de 3 t de C.U. En outre, rappelons le caractère assez artificiel de l'indicateur « unité-km » qui agrège des tonnes km et des voyageurs/km.

Figure 4

Évolution globale des trafics (*)



(v. c. voitures particulières)

Figure 5
 Parts modales des trafics intérieurs de voyageurs et de marchandises en 1970 et 1987 en %

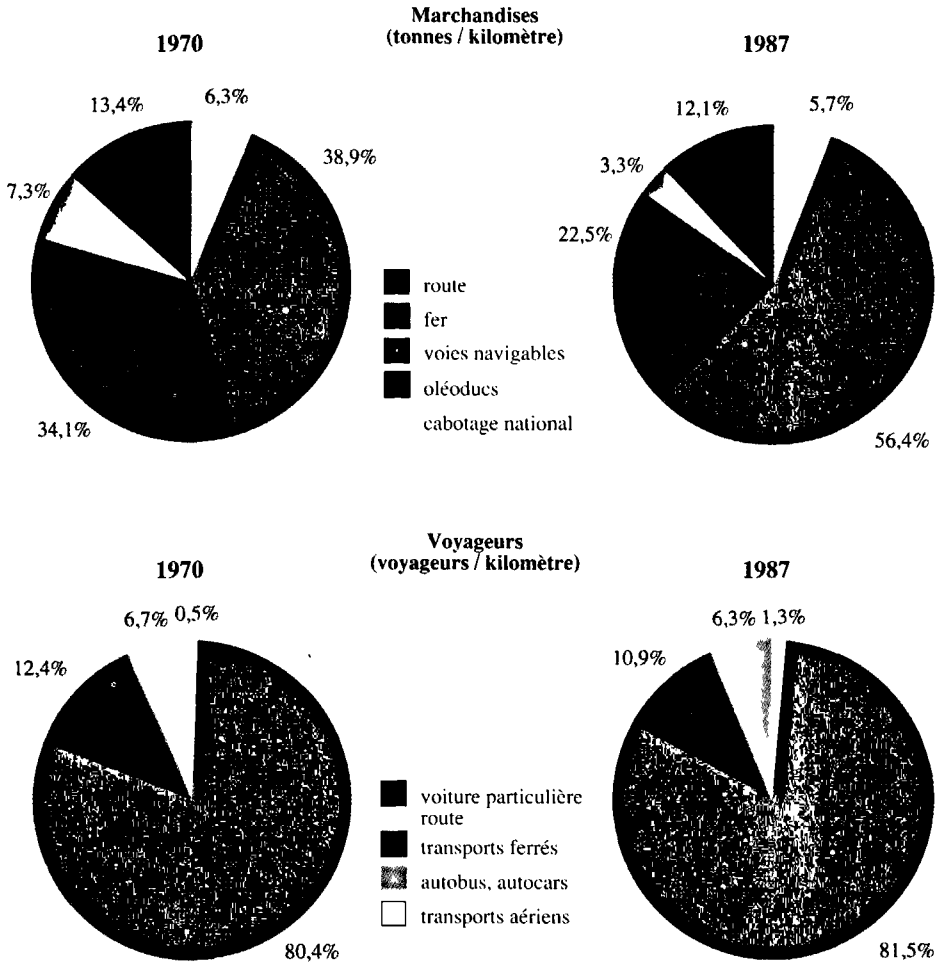
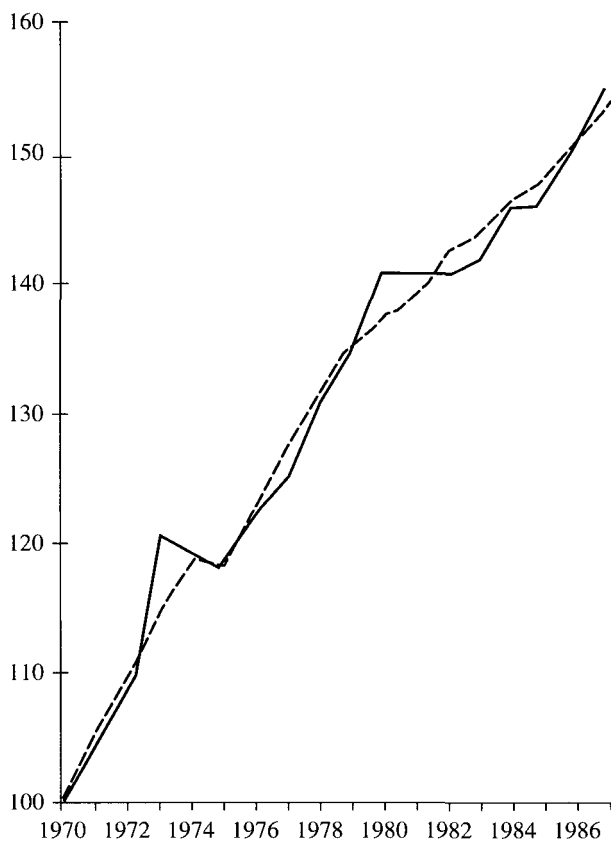


Figure 6
Évolution des trafics intérieurs (voyageurs + marchandises) et du PIB
base 100 en 1970



La courbe des "unités / km" est élaborée avec l'hypothèse qu'une tonne / km équivaut à un voyageur / km (hypothèse assez artificielle)

2. Le secteur automobile en France, en Europe et dans le monde

Le secteur de l'automobile est le théâtre d'une compétition extrêmement vive, entre les grands groupes industriels, pour le gain de parts de marché sur un marché mondial en croissance lente, mais soumis à des variations d'amplitude qui imposent aux entreprises de conduire une stratégie complexe pour préserver leurs capacités d'adaptation.

L'importance déterminante de ce secteur dans les économies nationales, tant en Europe qu'aux États-Unis ou au Japon, a conduit à la mise en place de réglementations nationales ou d'accords internationaux qui limitent l'accès aux marchés nationaux. Bien qu'une certaine tendance à l'élimination des barrières aux échanges internationaux se fasse jour, elle se heurte aux réticences liées aux enjeux économiques considérables que représente le gain ou la perte de quelques points dans la part du marché. De plus, la diversité des formes prises par des barrières ne facilite pas les mesures de réciprocité. Si cette ouverture se confirme, elle imposera aux entreprises nationales d'améliorer leur compétitivité par rapport aux concurrents étrangers, notamment les japonais, qui cherchent par tous les moyens à progresser fortement sur le marché européen.

Les entreprises de l'industrie automobile dans le monde

Le secteur automobile joue un rôle central dans les politiques industrielles des grands pays développés, en raison du poids des grands groupes qui le composent. C'est ainsi que trois constructeurs automobiles se classent parmi les dix plus grandes entreprises mondiales.

Cette activité est très concentrée : trente sociétés se partagent pratiquement toute la construction automobile mondiale, neuf d'entre elles assurant plus des deux tiers de la production.

L'activité des constructeurs ne représente toutefois que la moitié de la valeur ajoutée de la branche. En effet, l'automobile met en jeu des dizaines de milliers de composants produits par un ensemble complexe de milliers de fournisseurs et d'équipementiers automobiles.

Ainsi, alors que l'Amérique du Nord ne compte que trois constructeurs d'origine américaine : Général Motors, de loin le premier constructeur mondial, Ford et Chrysler, le secteur des équipementiers et des fournisseurs de composants est composé d'environ 15 000 entreprises.

Le Japon compte neuf constructeurs dont deux, Toyota et Nissan, assurent près de 60 % de la production de véhicules particuliers. Le secteur des équipementiers

est plus concentré puisque, avant les 40 000 fournisseurs de 2^e et 3^e rang, les équipementiers, dont le principal est Nippon Denso, qui fait partie du groupe Toyota, ne sont qu'au nombre de 310, avec un effectif moyen de 900 personnes.

La situation en Europe

En Europe, six grands constructeurs généralistes assurent près des trois quarts de la production des véhicules de série. Sept constructeurs se partagent la production des véhicules spécialisés. Les équipementiers sont relativement morcelés : 1 500 entreprises emploient 600 000 personnes pour un chiffre d'affaires de 60 milliards d'écus. Si 55 % de ces équipementiers emploient moins de 100 personnes, certaines grandes sociétés comme Bosch, Valéo, Magneti-Marelli ou Lucas, dominent le marché.

Les constructeurs européens se sont tous lancés dans des restructurations afin de réduire l'écart de productivité avec leurs concurrents principaux, notamment les Japonais. La modernisation des usines et le transfert des productions vers des pays importateurs et à plus faible coût de main-d'œuvre, ont permis d'améliorer de manière significative la productivité. Ainsi, le secteur automobile, dont les effectifs ont diminué de 17 % entre 1980 et 1986, a accru, pendant cette période, sa production, tous véhicules confondus, de près de 7 %.

La situation en France

Le marché français représente 5,4 % du marché mondial. Si un tiers de ce marché est tenu par des marques étrangères, la production nationale représente 7,5 % de la production mondiale. Les deux constructeurs nationaux exportent 50 % de leur production et la balance commerciale de la branche, excédentaire de 21 milliards de francs en 1987, la place au 3^e rang des industries exportatrices.

Avec 10 % de la valeur ajoutée brute des industries manufacturières et, pour un chiffre d'affaires de 346 milliards de francs en 1987, un effectif salarié de 364 000 personnes, soit 10,8 % des effectifs de l'industrie (hors énergie), ce secteur a un poids considérable. En outre, il constitue un débouché très important pour les biens intermédiaires et les biens d'équipement. Il consomme en France de l'ordre de 20 % des produits plats de la sidérurgie, 30 % du verre plat, 60 % des robots mis sur le marché. Au total, ce sont plus de 2 millions de personnes qui travaillent, directement ou indirectement, pour l'industrie de l'automobile, qui joue en outre un rôle moteur dans la diffusion des technologies nouvelles.

En France, comme ailleurs, la construction automobile est concentrée autour de grandes sociétés. Les deux constructeurs nationaux, PSA et Renault, sont respectivement classés aux 8^e et 9^e rang mondial des constructeurs en 1987, avec une production voisine pour chacun de 2 millions de véhicules. Ils emploient à eux

deux 340 000 personnes et ont réalisé un chiffre d'affaires total de 266 milliards de francs en 1987 et de plus de 300 milliards, en 1988.

Autour de ces grands groupes, gravite un ensemble de fabricants de pièces et d'équipements qui, à l'exception d'un grand groupe, Valéo, est constitué pour l'essentiel de petites et moyennes entreprises.

Les restructurations engagées par PSA et Renault ont eu des effets très positifs, visibles depuis deux ans sur leurs résultats nets. Mais leur position reste fragile, en raison notamment d'une situation financière qui limite, ou a limité, leur capacité de réaction aux contraintes évolutives du marché.

Le redressement en cours n'a pu être amorcé qu'au prix d'efforts importants pour améliorer la productivité par la modernisation des sites, un recours croissant à l'automatisation du montage, notamment avec l'utilisation de robots, et la mise en place progressive de nouvelles stratégies d'approvisionnement avec une gestion à flux tendus, basée sur des nouvelles formes de partenariat avec les fournisseurs.

3. Le secteur des véhicules industriels, des autocars et des autobus

Les véhicules industriels

L'industrie française du poids lourd et des véhicules industriels ne peut plus être appréhendée uniquement dans un cadre national. En effet, le groupe Renault VI-Mack se situe maintenant parmi les grands constructeurs mondiaux. Il se classe au 4^e rang mondial pour la production de poids lourds de plus de 5 tonnes, et au 2^e rang pour les véhicules haut de gamme, derrière Daimler-Benz. Le groupe a réalisé, en 1988, 34 milliards de francs de chiffre d'affaires, dont près de 22 en Europe et 12 aux États-Unis. Il emploie un effectif de 34 000 personnes, dont 25 000 en Europe.

Le groupe progresse depuis deux ans sur le marché français et européen. Il a acquis une bonne position au niveau mondial avec des productions significatives sur les deux principaux marchés, qui représentent 60 % des ventes mondiales (États-Unis avec 295 000 véhicules par an, Europe avec 271 000 véhicules par an). Ce résultat est dû à une offre performante, diversifiée et concurrentielle, qui couvre tous les besoins du transport de marchandises et de personnes et qui est soutenu par une présence commerciale dans plus de 75 pays.

La situation du groupe, qui a enregistré en 1988 un bénéfice de 1,3 milliard de francs est assainie.

Toutefois, un certain nombre de points faibles demeurent. L'ancrage sur le marché français reste encore trop faible, avec 41,8 % de taux de pénétration, à comparer aux 60 % de Daimler-Benz en RFA, aux 64 % d'Iveco en Italie ou aux 88 % de Volvo et Scania en Suède.

Le groupe éprouve des difficultés historiques à s'implanter sur les grands marchés européens (taux de pénétration de 1 % en RFA, 3,5 % en Italie, 6,8 % en Grande-Bretagne malgré sa filiale industrielle locale, 2,7 % aux Pays-Bas). Au total, il n'atteint que 12,3 % de pénétration en Europe, marché français inclus, et 6 %, si on exclut le marché français. Ce taux de 12,3 % est à comparer à celui de ses deux principaux concurrents européens : 25,2 % pour Daimler-Benz, 20,4 % pour Iveco.

Ainsi, malgré des performances satisfaisantes de Renault VI à la grande exportation, le fort taux de pénétration sur le marché français des autres constructeurs européens entraîne un fort déséquilibre de la balance commerciale : près de 4 milliards de francs de déficit, avec un taux de couverture de 54 % seulement.

Vis-à-vis de nos partenaires européens (CEE) et de la Suède, le déficit atteint près de 6 milliards de francs, avec un taux de couverture de 28 %.

Les autocars et autobus

Dans ce secteur, qui concerne des volumes sensiblement moins importants que le précédent, le groupe Renault VI produit 2 400 cars et bus par an, pour la quasi-totalité en France, dans ses deux usines de Vénissieux et d'Annonay, et Heuliez-bus, qui travaille en coopération avec Renault VI, 200 à 300 véhicules par an.

Renault VI se situe au 4^e rang européen sur un marché dominé par le groupe Volvo-Leyland et, surtout, par les constructeurs allemands Daimler-Benz et Kassböhler, notamment, qui représentent à eux seuls une production annuelle plus de trois fois supérieure à celle de la France.

Sur le marché français, les constructeurs nationaux, Renault VI et Heuliez occupent une meilleure position que dans le secteur des camions avec un taux de pénétration de 61 % (92 % dans l'autobus, 45 % dans l'autocar). Par contre, sur les autres marchés européens, la présence de Renault VI, loin de compenser les importations d'autocars sur le marché français, demeure très faible.

Cette situation entraîne tout naturellement un déficit important de nos échanges, qui atteint, en 1987, 370 MF, avec un taux de couverture de 58 %. L'accroissement des ventes à la grande exportation en 1988 améliore toutefois ce bilan et ramène le déficit à 310 MF. Mais le déficit vis-à-vis de nos partenaires européens reste important en 1988 avec un solde négatif de l'ordre de 700 MF (taux de couverture de 27 %).

Les perspectives restent toutefois raisonnablement encourageantes dans la mesure où dans le secteur des véhicules de tourisme, plus ouvert à la concurrence, Renault VI avec sa gamme FR1 réalise de bonnes performances en 1989. Mais, par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue que, à brève échéance, l'ouverture des marchés publics devrait entamer la bonne maîtrise, conservée jusqu'ici par Renault VI et Heuliez, de notre marché national de l'autobus.

4. Le marché de la gestion du trafic

Les encombrements en milieu urbain et sur les liaisons interurbaines perturbent considérablement la vie quotidienne des usagers de la route et ont des conséquences particulièrement néfastes sur l'environnement, la consommation énergétique et, dans certains cas, sur la sécurité.

La croissance du trafic urbain ou interurbain ne peut se traiter uniquement par de nouvelles infrastructures. Les équipements de gestion du trafic poursuivent donc un objectif d'utilisation optimale des infrastructures, à côté des objectifs de sécurité, de protection du cadre de vie, etc.

A côté des équipements classiques, généralement au sol (feux, coordinations plus ou moins sophistiquées de feux, signalisations de tout type) apparaissent des technologies permettant l'amélioration des conditions de trafic et l'aide au conducteur non familier des lieux grâce à des systèmes de guidage appropriés. Ceci a provoqué une prise de conscience politique de certains élus qui voient dans ces techniques un moyen d'offrir à leurs concitoyens un cadre de vie valorisé répondant à la demande sociale croissante pour ce type d'équipements.

Ces technologies nouvelles visent essentiellement :

- le guidage embarqué ;
- l'information sur l'état du trafic ;
- la sécurité par des dispositifs interactifs entre véhicules et entre véhicules et sol ;
- l'optimisation du trafic à partir des équipements embarqués.

Ces technologies ne sont pas encore parfaitement connues et, surtout, leur efficacité, qui dépend en partie de leur acceptation par le public, demande à être évaluée. On assiste ainsi à une conjonction d'initiatives de recherche dans les grands pays industrialisés :

- en Europe, DRIVE et les programmes EUREKA : PROMETHEUS, CARMINAT, EUROPOLIS, TELEATLAS et DEMETER ;
- PATH aux États-Unis ;
- AMTICS au Japon.

Si le marché des techniques classiques de gestion du trafic, représentant moins de 300 MF par an en France (sans compter la signalisation fixe), est réduit, le marché

potentiel des techniques nouvelles est encore inconnu. Il devrait constituer un saut en matière financière de quelques centaines de millions de francs par an actuellement à plusieurs milliards pour la France.

Des développements technologiques importants ont été réalisés. Certains sont au stade de l'expérimentation, comme le système CARMINAT réalisé par Renault, Philips et TDF, et expérimenté sur l'axe Paris-Rennes, et le système ALISCOUT de guidage en milieu urbain, réalisé par Siemens et dont une expérimentation est en cours à Berlin. Ce système est développé en France par CGA sous le nom d'ULIISSE et à Londres sous le nom d'AUTOGUIDE.

En Europe, des grands groupes industriels comme Siemens, GEC et Plessey en Grande-Bretagne ou Philips aux Pays-Bas, s'intéressent de près à ce domaine.

En France, le marché des techniques actuelles est partagé entre quelques entreprises moyennes, comme Silec, Garbarini et Serel, qui constituent un vivier très innovatif, mais dont la surface industrielle limitée ne leur permet pas d'aborder seuls la concurrence internationale des grands groupes. Seuls CSEE et CGA-HBS appartiennent à des groupes importants. CGA-HBS adapte en France le système ALISCOUT dont il détient la licence. La CSEE a une forte activité en signalisation variable.

Les techniques nouvelles sont étudiées en France par des sociétés très diverses :

- constructeurs automobiles dans CARMINAT et PROMETHEUS (Renault, Peugeot, Matra);
- équipementiers automobiles;
- fabricants électroniques déjà impliqués dans des domaines voisins : exploitation des transports en commun, péages des transports en commun, des autoroutes, du stationnement, SAE et SAI (CGA, Crouzet, SUR, CSEE, etc.);
- fabricants électroniques divers (Électronique-Serge-Dassault, SAGEM);
- médias de télécommunication.

La situation technologique très évolutive favorise les manœuvres industrielles, illustrées par des offres d'achat publiques spectaculaires.

Le PRD'TTT avait inclus toutes les recherches concernant ce domaine dans le thème B «Exploitation des infrastructures et sécurité routière». L'émergence des grands programmes européens donne à ce domaine une dimension nouvelle pour la recherche, mais aussi l'expérimentation.

5. L'industrie ferroviaire et la compétition internationale

La France

L'industrie ferroviaire française, qui emploie environ 20 000 personnes réalise un chiffre d'affaires de 10 milliards de francs, dont environ 40 % sur les marchés extérieurs.

Concentrée autour du groupe Alstom (1^{er} constructeur mondial depuis la reprise des activités ferroviaires de Jeumont Schneider et son regroupement avec le britannique GEC), l'industrie ferroviaire s'est engagée depuis 1987 dans un vaste processus de restructuration des effectifs et des sites.

Cette opération, qui trouvait ses justifications dans un marché intérieur très déprimé en raison du déclin des commandes de la RATP et de la SNCF, est en voie d'achèvement et évolue vers une stratégie d'internationalisation des structures industrielles.

La situation actuelle

Le marché intérieur marque une reprise sensible mais limitée à deux domaines : les transports collectifs urbains et les trains à grande vitesse.

Les transports collectifs urbains, qui sont porteurs d'activité pour nos industriels au cours de la prochaine décennie, font essentiellement appel aux produits suivants : VAL, Tramways, systèmes d'automatisation des métros actuels. Dans le domaine des métros automatiques, les industriels (Matra) bénéficient d'une avance technologique qui leur donne une certaine marge de manœuvre pour les projets les plus immédiats, mais il convient de rester vigilants en prévision d'une réaction de la concurrence.

Les trains à grande vitesse constituent l'essentiel des commandes de la SNCF. La commande de 24 rames TGV pour l'Espagne a confirmé l'avance technologique française et le succès de 8 ans d'exploitation commerciale du TGV Sud-Est. Dans ce domaine également, il convient de poursuivre les efforts face aux réactions de la concurrence et, notamment, de la concurrence allemande.

Stratégie industrielle à l'horizon de 1993

Le groupe Alstom s'est d'ores et déjà engagé dans un processus d'internationalisation de ses structures industrielles, en fusionnant avec la division Power-System du britannique GEC. Cette mesure s'est également accompagnée de l'intégration des entreprises espagnoles MTM, Ateinsa, Cenemsa et Conelec.

La société ANF-Industrie s'inscrit également dans ce type de démarche par la recherche d'un partenaire étranger dont les activités seraient complémentaires aux siennes.

Bien que possédant un certain nombre d'atouts en sa faveur et malgré quelques succès significatifs sur les marchés extérieurs (Métro de Taïpeh, New-York, San-Francisco, le Caire...), l'industrie française maintient avec difficulté une part d'environ 40 % de son chiffre d'affaires à l'exportation.

Les échecs récents (métro de Shangaï remporté par l'Allemagne et modernisation du métro de Pékin par l'Angleterre) confirment un climat de concurrence exacerbée sur les marchés extérieurs. Cette tendance devrait être confirmée en 1989 et 1990.

L'Europe

Les industriels de certains pays, tels l'Espagne et l'Angleterre, avec le groupe Alsthom GEC, mais aussi l'Allemagne, la Suède, et la Suisse, avec le groupe ABB (Asea-Brown-Boveri), mènent des opérations de restructuration. Actuellement, les Italiens sont à la recherche d'un partenariat qui pourrait intéresser les entreprises françaises et allemandes. Seuls des regroupements permettent de faire face à une demande renouvelée.

La politique de coopération entre les réseaux tend en effet à se développer, non seulement dans le domaine de la grande vitesse voyageurs, mais aussi dans le transport des marchandises.

Par ailleurs, certains pays (Espagne, Angleterre, Italie...) vont s'engager dans des opérations de renouvellement de leurs parcs urbain et interurbain.

Actuellement, les systèmes d'alliances industrielles ont contribué à la constitution d'un axe Nord-Sud (France, Grande-Bretagne, Espagne, Portugal).

Le monde

Les principaux concurrents de l'industrie ferroviaire française dans le reste du monde sont constitués par des sociétés japonaises (Kawasaki, Mitsubishi...) et canadienne (Bombardier). A ces concurrents traditionnels viennent s'ajouter de nouveaux «challengers», notamment brésiliens et coréens.

Dans ce contexte, la stratégie de nos industriels s'oriente plutôt vers des accords de coopération et de transfert de technologie, afin de prendre pied sur les marchés «porteurs» que constituent, pour le TGV, la Corée, l'Australie et le Canada, et, pour les transports urbains, les États-Unis, qui représentent 50 % du marché mondial.

Aides publiques à la Recherche et Développement pour les transports terrestres

La comparaison internationale des aides à la recherche dans le domaine des transports terrestres n'est pas facile à réaliser, car l'accès aux statistiques étrangères est difficile et les bases d'évaluation diffèrent souvent d'un pays à l'autre. Il est néanmoins nécessaire de situer l'effort français passé – celui du PRDTTT – et à venir – celui qui est proposé dans ce rapport – dans une perspective internationale.

En effet, dans la mesure où la recherche prépare le niveau technologique des prochaines années, la connaissance de l'effort de recherche et de développement réalisé chez nos concurrents constitue une donnée essentielle pour la détermination de l'effort à consentir et la répartition des ressources dégagées.

Les éléments contenus dans ce rapport sont issus, pour l'essentiel, d'une étude réalisée à l'université Louis Pasteur de Strasbourg par le Bureau d'économie théorique et appliquée (BETA).

1. Comparaison des efforts globaux de recherche

La comparaison porte sur les pays de l'OCDE dont la population dépasse 50 millions d'habitants : États-Unis, Japon, Grande-Bretagne, République Fédérale d'Allemagne, Italie et France.

Le ministère de la Recherche et de la Technologie et l'OCDE publient régulièrement deux indicateurs :

- la Dépense nationale de recherche et développement (DNRD) qui totalise les financements des institutions nationales (administrations, entreprises et associations), y compris les travaux exécutés à l'étranger ;
- la Dépense intérieure de recherche et développement (DIRD) qui comprend l'ensemble des travaux exécutés sur le territoire national, y compris ceux financés par des institutions étrangères.

Ces deux indicateurs diffèrent peu en valeur car les échanges internationaux en matière de recherche sont faibles, relativement aux dépenses nationales. La DNRD est utilisée pour estimer l'effort national. En France, le Budget civil de recherche et développement (BCRD) représente l'essentiel du financement par l'État. La DIRD sert de base aux comparaisons internationales.

Le tableau 6 et la figure 7 décrivent la part relative de la Recherche et Développement dans le produit intérieur brut des grands pays de l'OCDE. L'effort français pour rattraper les trois pays de tête (USA, RFA et Japon) a été freiné en 1986. En

Tableau 6
Dépense intérieure de R & D pour les pays étudiés

(en % du PIB)

DIRD pour les années	1981	1983	1985	1986
États-Unis	2,45	2,65	2,77	2,80
RFA	2,42	2,51	2,70	2,71
Japon	2,14	2,36	2,62	2,59
Royaume-Uni	2,42	2,27	2,31	2,42
France	1,97	2,11	2,36	2,25
Italie	0,87	0,93	1,13	1,25

Figure 7
Évolution des DIRD (pays de l'OCDE)

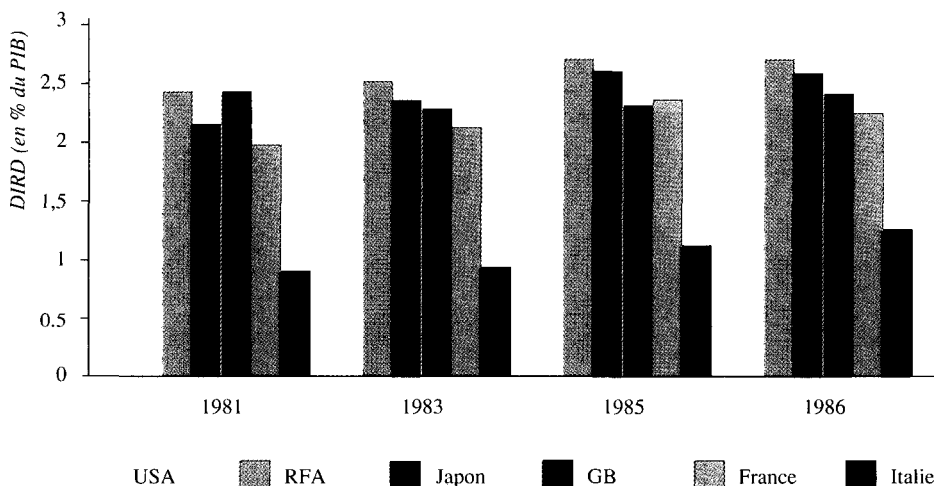


Tableau 7
Structure du financement et de l'exécution de la DIRD des principaux pays de l'OCDE

(en %)

Année 1986 ¹	Exécution		Financement		
	Entreprises	Adminis-trations	Entreprises	Adminis-trations	Étranger
États-Unis	71	29	47	53	0
Allemagne	73	27	62	37	1
Royaume-Uni	67	33	48	43	9
France	59	41	41	53	6
Japon ²	72	28	74	26	0
Italie	58	42	41	55	4
Canada	51	49	42	54	4

1. Ou année disponible la plus proche : les données demeurent comparables, les structures de financement et d'exécution étant assez stables d'une année sur l'autre.

2. Série ajustée par l'OCDE en évaluant la masse salariale universitaire en équivalent temps plein et non en personnes physiques.

Sources : OCDE et MRT

ce qui concerne l'effort global de R & D, y compris les dépenses militaires, la France se classe au quatrième rang des grandes nations industrialisées.

2. Recherches dans les transports terrestres

La recherche industrielle

Le tableau 7 indique pour différents pays quelles sont, en 1986, les participations relatives des entreprises et des fonds publics à la DIRD. La participation des entreprises françaises est globalement inférieure à celle que l'on trouve à l'étranger, mise à part l'Italie. On retrouve là une analyse bien connue de la relative faiblesse de la recherche industrielle française.

Il est intéressant de comparer la part prise par les entreprises industrielles de transport par rapport aux moyennes nationales. En France, le secteur des matériels de transport se situe au troisième rang des secteurs investisseurs en recherche, à égalité avec la pharmacie et la parachimie.

La comparaison internationale des volumes de R & D est plus accessible pour la branche automobile que pour les autres modes de transports, car cette catégorie se trouve bien identifiée dans les statistiques nationales.

L'automobile est, parmi les secteurs industriels lourds, un de ceux qui font l'effort de recherche le plus important. Le tableau 8 et la figure 8 donnent une comparaison des efforts de R & D des constructeurs automobiles selon les pays.

On constate que dans l'automobile, comme dans la plupart des secteurs industriels, les entreprises japonaises et américaines engagent des dépenses de R & D très importantes. Ainsi, en 1986, les dépenses de R & D de l'industrie automobile japonaise ont représenté 60 % de leurs dépenses d'investissements matériels.

Parmi les constructeurs européens, ce sont les constructeurs allemands qui font de loin l'effort de recherche le plus important. Puis on trouve la France, la Grande-Bretagne et l'Italie qui réalisent à eux trois l'équivalent de ce qui est réalisé en Allemagne. Il est clair que la différence de niveau des investissements de recherche entre l'Europe, le Japon et les États-Unis serait lourde de conséquences si rien n'était tenté pour développer la capacité d'innovation européenne.

Or, l'initiative la plus importante de ces dernières années en matière de R & D automobile est justement à mettre à l'actif des européens qui, fait nouveau, ont engagé en commun des programmes importants de recherche dans les domaines préconcurrentiels.

Il s'agit, dans le domaine de l'électronique et de la communication pour améliorer le trafic, du programme PROMETHEUS qui associe les douze constructeurs européens afin de concevoir les bases techniques d'automobiles communiquant

avec leur environnement, et des programmes de guidage CARMINAT, EURO-POLIS et TELEATLAS.

Figure 8
Effort de recherche des constructeurs d'automobiles

En milliards de Francs

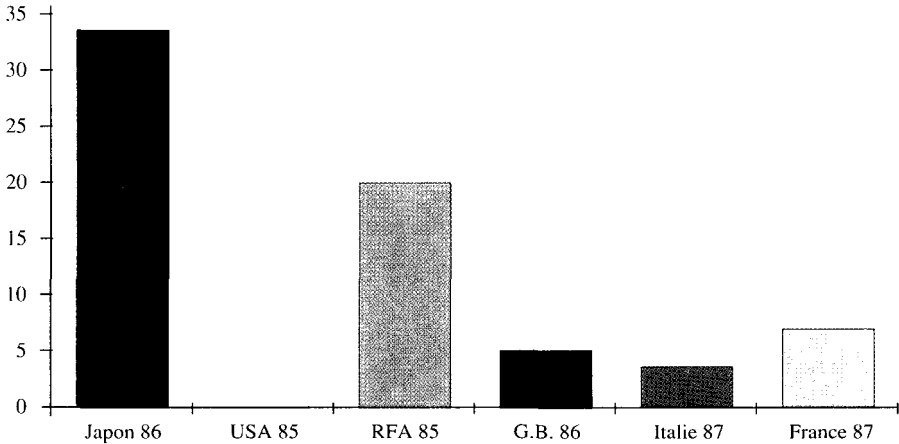


Tableau 8
Effort de R & D des entreprises automobiles des principaux pays industrialisés

(MF)

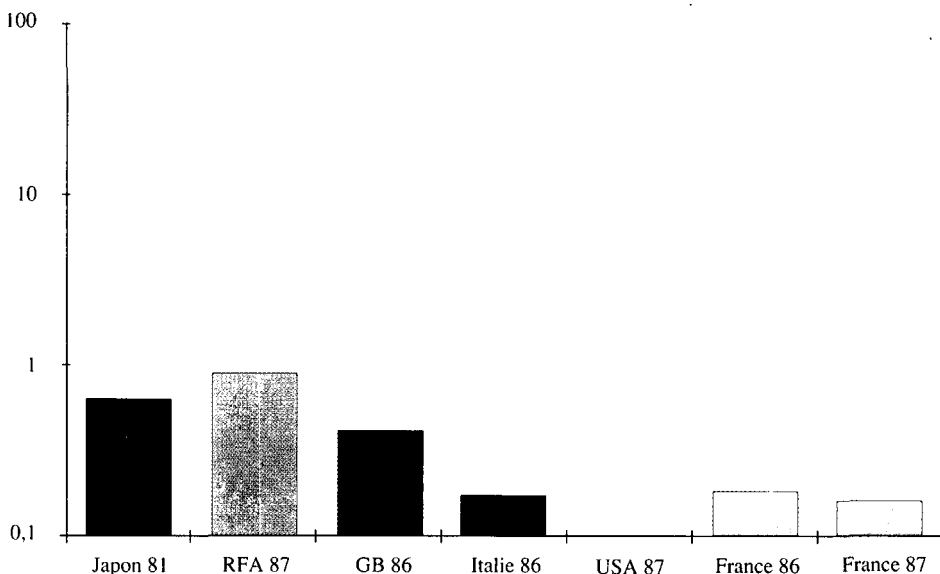
Japon 86	USA 85	RFA 85	GB 86	Italie 87	France 87
33 600	33 420	20 036	5 160	3 740	7 015

Les aides publiques

Il est possible de donner quelques comparaisons sur les aides publiques aux transports terrestres mais cet indicateur est d'un maniement difficile car les données ne sont pas homogènes, d'un pays à l'autre. Au Japon, par exemple, les aides publiques constituent une proportion très faible de l'effort global (4 à 5 %), alors qu'aux États-Unis les aides connues sont très importantes, mais les volumes indiqués comprennent des aides militaires, ce qui fausse l'appréciation. Pour certains pays, comme les USA et la RFA, la participation de l'État est complétée, de manière importante, par les gouvernements locaux (état ou länder). Ces réserves faites, une simple observation des niveaux relatifs des aides publiques se révèle riche d'enseignements.

Figure 9
Aides publiques aux transports terrestres

En milliards de Francs



La figure 9 compare les aides publiques pour les transports terrestres au Japon (en 81), en RFA (87), en Grande-Bretagne (86), en Italie (86) et en France (86, 87 et en moyenne sur la période 84-88, durée du PRDTT). Ce schéma montre nettement que l'effort public français est très inférieur à ceux du Japon, de la RFA et de la Grande-Bretagne. Il est comparable à celui de l'Italie, pays qui fait, en volume global, un effort de recherche assez sensiblement en retrait par rapport aux cinq premiers pays de l'OCDE, dont la France.

Quant au niveau apparemment exorbitant du financement public dont bénéficie le secteur des transports terrestres aux États-Unis, il s'explique en partie par la prise en compte de la recherche pour les autoroutes, et de la participation militaire, notamment pour les carburants de substitution. Il n'en serait pas moins considérable, même avec ces corrections.

Si nous comparons maintenant la part d'aide publique accordée aux entreprises du secteur automobile dans ces mêmes pays (tableau 9), nous constatons que l'aide est en proportion généralement faible si, comme c'est ici le cas, on se base sur les dépenses totales de R & D comprenant le développement de prototypes. Là encore, le chiffre américain est nettement plus élevé que les autres.

Tableau 9

Financement public des dépenses R et D exécutées par les entreprises du secteur automobile (pays de l'OCDE)

Secteur automobile	Japon 1980 (Mrd Y)	RFA 1985 (M DM)	GB 1986 (M £)	USA 1985 (M \$)	France 1985 (MF)	Italie 1987 (Mrd Li)
R & D entreprises	338	5 893	394	5 570	7 015	748
Financements publics	0,4	88	15,8	618	177	13,5
Soit en %	0,1 %	1,5 %	4 %	11,1 %	2,5 %	1,8 %

Source : BETA

Pour la France, il est intéressant d'examiner la répartition des aides publiques selon les secteurs industriels. Le tableau 10 donne ces valeurs pour 1987. La concentration des aides sur l'aéronautique et sur l'électronique est une des caractéristiques de notre dispositif d'aide nationale. Une étude récente¹ montre que, par rapport à la RFA, ce n'est pas tant le volume de la R & D à finalité industrielle qui est inférieur en France, que sa concentration sur quelques grands secteurs industriels.

Tableau 10

Répartition des financements de R & D par secteurs

(MF)

	Dépenses R & D	Financement par l'État	% financement État/ dépenses R & D	% par rapport au total des financements d'État
Énergie	4 450	230	5,2	1,5
Chimie	8 100	460	5,6	3,0
Électronique	16 000	5 750	36,0	37,2
Aéronautique	15 000	7 100	47,0	45,8
Automobile	7 400	154	2,0	1,0

Pour le PRD'TTT, qui concerne uniquement les recherches en amont des développements commerciaux, la part d'aide publique est logiquement plus importante, mais elle reste limitée à environ 30 %, c'est-à-dire à un niveau comparable à celui dont bénéficient les recherches et développements non liés aux produits commerciaux dans l'aéronautique. Cependant, les programmes de développement et d'industrialisation des matériels volants commercialisés peuvent faire l'objet d'avances remboursables couvrant en moyenne 60 % des coûts. Globalement, de l'amont au produit mis sur le marché, l'aide publique pour l'aéronautique est bien supérieure à ce qu'elle est pour les transports terrestres.

1. M. Godet : La recherche industrielle démasquée (*Le Monde*, 25 avril 89).

3. Répartition par thèmes de recherche

Le PRDTTT était articulé autour de quatre thèmes de recherche : transports guidés, exploitation et circulation routières, organisation des transports, techniques de l'automobile. Dans les pays étrangers, la recherche pour les transports n'est généralement pas classée selon ces mêmes thèmes, ce qui rend la comparaison thématique délicate.

Le tableau 11 et les schémas associés donnent, pour quatre pays européens, une comparaison thématique des aides publiques aux transports terrestres (étude BETA).

Tableau 11
Aides publiques aux transports terrestres en Europe
Répartition thématique

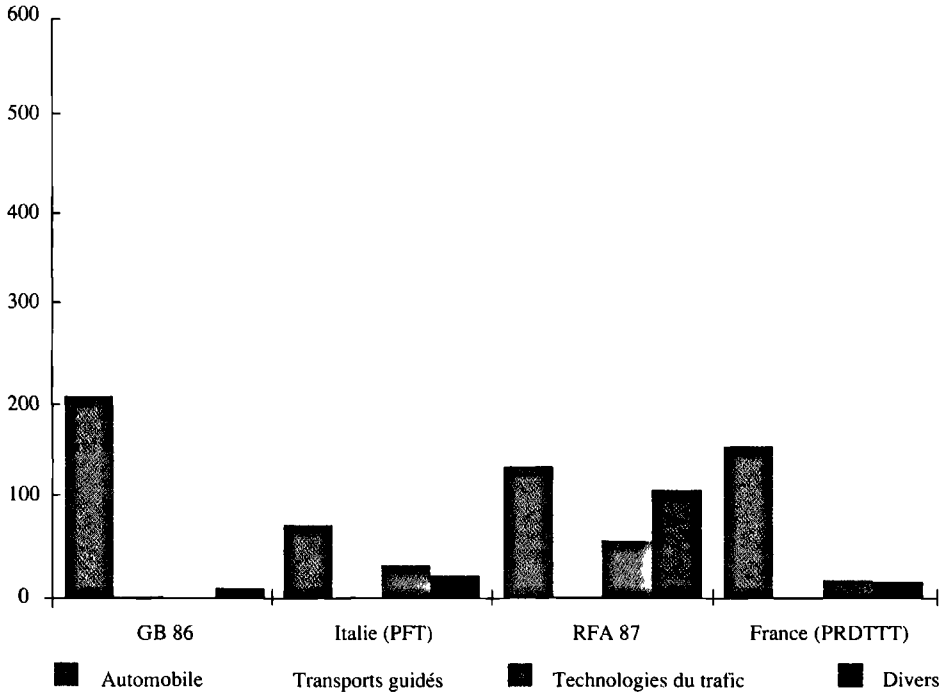
Répartition en MF	Grande-Bretagne (86)	Italie (PFT)	Allemagne (87)	France (PRDTTT)
Automobile	206,80	72	132,30	154,30
Transports guidés . . .	196,30	45,50	583,10	56,80
Trafic routier	-	31,30	55,80	15,50
Divers	7,80	19,50	108	14
Total (MF)	410,9	168,30	879,2	240,60
Répartition en %				
Automobile	50	43	15	64
Transports guidés . . .	48	27	66	24
Trafic routier	0	18,50	6	6
Divers	2	11,50	13	6
Total (%)	100	100	100	100

Les deux thèmes principaux sont l'automobile et les transports guidés. La France et l'Italie aident préférentiellement l'automobile ; mais si on tient compte des programmes propres de la SNCF et de la RATP, la part des transports guidés est importante en France. L'Allemagne concentre son aide publique sur les transports guidés, dont une partie importante sur un gros projet : le Transrapid. Même en dehors de ce projet, l'aide du BMFT, bien que plus équilibrée, est encore supérieure pour les transports guidés à ce qu'elle est pour l'automobile.

La Grande-Bretagne aide de manière égale les deux secteurs, mais là encore, il semble qu'un grand poste (l'équipement d'un laboratoire public) fausse l'estimation et que la Grande-Bretagne aide plutôt l'automobile, avec notamment un accroissement relatif des programmes de gestion de trafic. Mais la confusion existe, dans ce pays, avec la recherche pour le réseau routier, étant donné que le principal organisme, (le TRRL) réunit les équivalents de l'INRETS et du LCPC.

Figure 10
Aides publiques aux transports terrestres

En millions de Francs



Le thème «Circulation routière» est encore faible en volume vers les années 86 et 87. La situation actuelle est notablement différente, en raison des programmes européens DRIVE, PROMETHEUS, CARMINAT et EUROPOLIS qui mobilisent, dans chaque pays, des soutiens publics importants.

Enfin, les programmes horizontaux, classés en «divers» sont marginaux, sauf en Allemagne, qui a développé une très forte politique de soutien à l'industrie par les technologies «diffusantes», comme les matériaux, les technologies de production (productive)...

4. Comparaison France-RFA

La RFA est, en Europe, notre premier partenaire et les industriels allemands sont souvent les principaux concurrents de nos industriels. Les relations industrielles entre ces deux pays sont faites d'un mélange de compétition et de coopération que chacun, selon son optimisme ou sa croyance ou non dans la constitution d'une

entité européenne, voit évoluer vers un équilibre stable ou un déséquilibre croissant en faveur de l'Allemagne. Il est donc particulièrement intéressant de se pencher sur le système allemand de soutien à la R & D dans le domaine des transports terrestres, et de comparer les grandes lignes qui le caractérisent avec celles qui régissent notre système de programmation dans le même domaine.

Les aides publiques allemandes en faveur des transports terrestres sont, en volume, trois fois supérieures aux aides publiques françaises. Ainsi, en 1987, les allemands ont accordé environ 880 MF sur ce domaine, alors que la France accordait cette même année 188 MF d'aides publiques (en moyenne 300 MF 89 sur la période du PRDTT). L'aide publique allemande provient principalement du puissant BMFT (ministère de la Recherche), d'autres ministères fédéraux (Transport et Économie), mais aussi des Länder, dont il est particulièrement difficile de connaître la participation. Le chiffre indiqué ne tenant généralement pas compte de cette dernière contribution, il est donc sous-estimé.

En 1987, le budget R & D s'élevait en Allemagne à 57 milliards de DM, soit environ 194 milliards de francs, alors que le budget français était de 122 milliards de francs. Il y a donc de toute évidence une priorité relative plus forte attribuée aux transports terrestres.

Figure 10. a
Répartition des aides publiques aux transports terrestres en France (PRDTT)

En millions de Francs

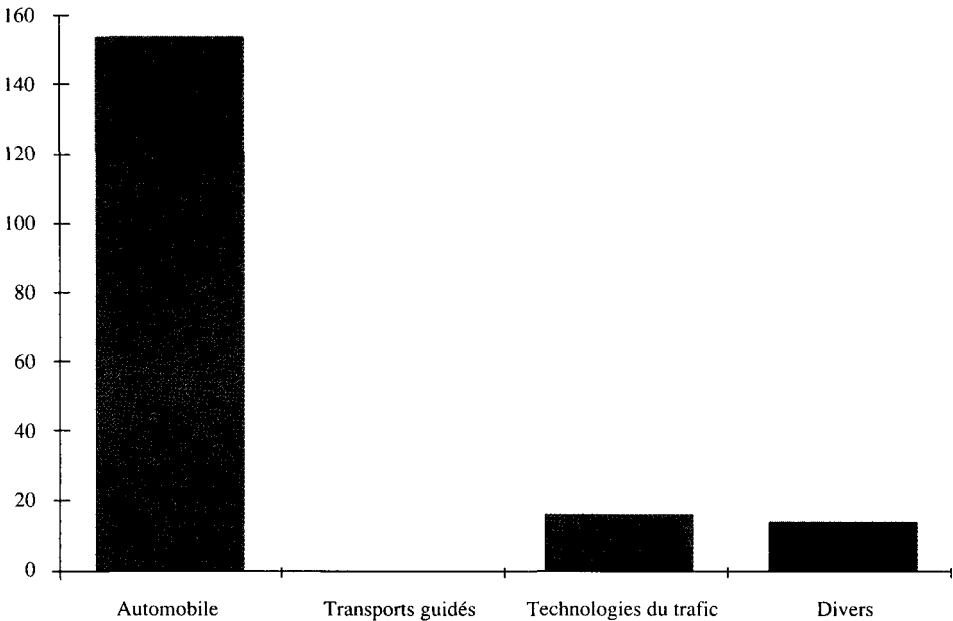
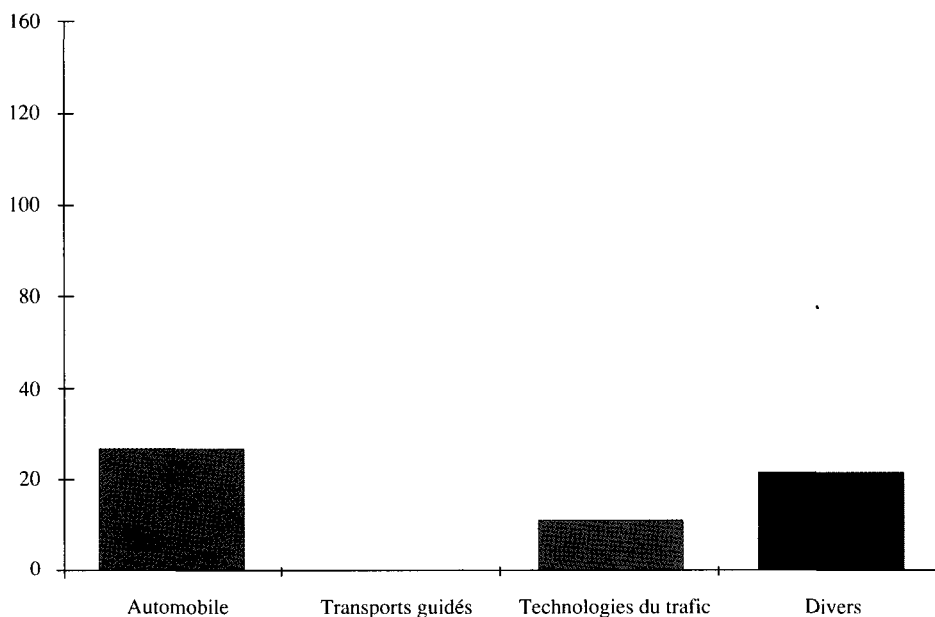


Figure 10. b
**Répartition des aides publiques aux transports terrestres
en RFA (1986)**

En millions de Francs



Mais, au-delà du volume, c'est aussi dans la répartition des aides que s'affirme la différence.

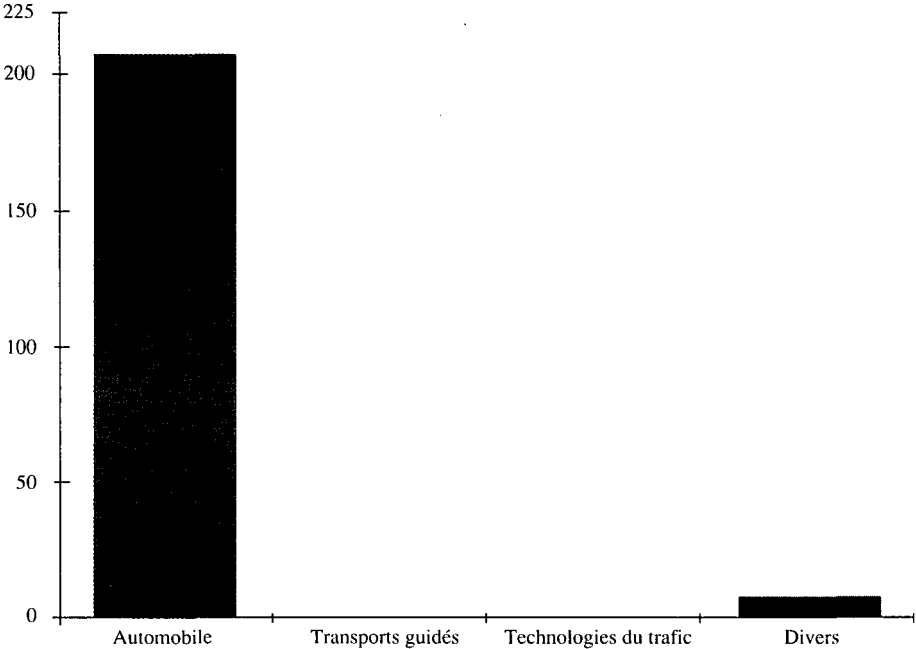
Le tableau 11 et les figures associées montrent que l'aide allemande est principalement orientée vers les transports guidés, qui relèvent du domaine du transport public, alors que l'automobile, où le transport privé domine, est relativement moins aidée. Mais, compte tenu de la différence de niveau total, le volume de l'aide pour l'automobile est encore supérieur à celui qui est accordé en France.

La très forte aide pour les transports guidés s'explique en partie par le poids très lourd du Transrapid, système de transport à sustentation magnétique. Mais, même en ne tenant pas compte de ce poste, l'aide allemande est encore nettement plus importante pour les transports guidés. La situation française est exactement inverse, c'est vers l'automobile que vont les financements les plus importants.

Dans le secteur automobile, la structure de la politique de recherche allemande est notablement différente de la nôtre. S'appuyant sur une stratégie de diffusion des technologies de base, l'Allemagne favorise la constitution d'un milieu scientifique et industriel capable d'intégrer et de transférer les nouvelles technologies dans la conception et la production. C'est dans ce cas l'efficacité de la structure qui est pri-

Figure 10. c
**Répartition des aides publiques aux transports terrestres
en Grande-Bretagne (1986)**

En millions de Francs



vilégiée plus que le domaine technologique lui-même. Ainsi le tissu scientifique et industriel est capable de répondre plus facilement par lui-même aux évolutions technologiques.

La France, au contraire, procède dans ce même secteur automobile par une politique de projets orientée vers des véhicules ou des ensembles de synthèse.

La première politique est par nature plus décentralisée, alors que la seconde repose sur des décisions centralisées sur un nombre limité de projets jugés stratégiques. Les États-Unis, la France et la Grande-Bretagne sont classés par H. Ergas² dans cette seconde catégorie.

Le rôle des structures de gestion de la recherche découle directement des différences énoncées : en France, le système repose sur une gestion nationale, centralisée dans quelques ministères ou agences, alors qu'en Allemagne, la gestion est en partie déléguée à des organismes intermédiaires, particulièrement compétents pour monter et évaluer des actions. Ce sont notamment des associations industrielles (AIF) et des instituts de recherche appliquée (FHG). La politique de diffusion, particulièrement efficace pour l'innovation et la qualité industrielle, est alors rendue possible par cette démultiplication des compétences de gestion.

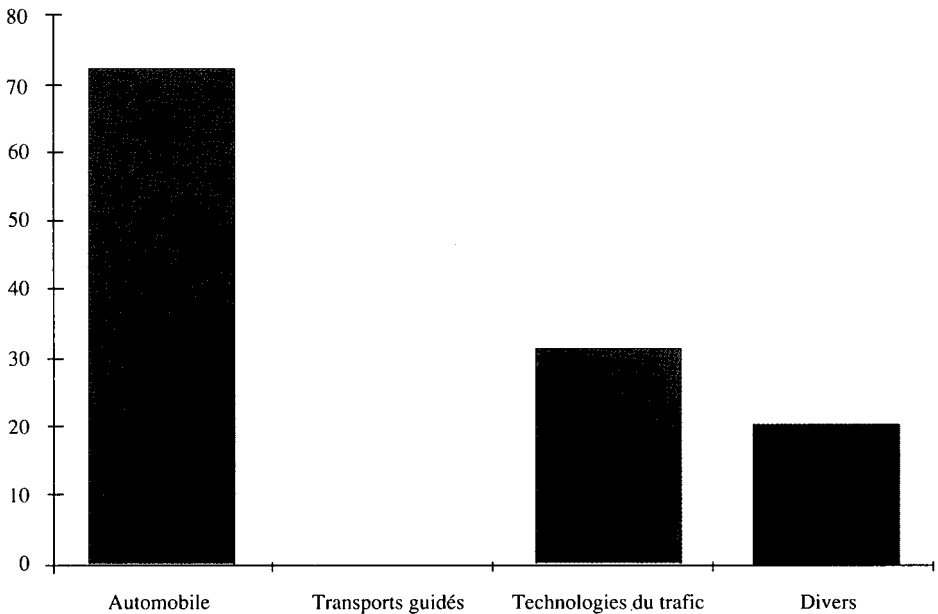
2. Ergas in *Technological Policy and Economic Performance*. Chapitre 3, Dasgupta and Stoneman Ed (1987).

La structure des financeurs publics français, concentrée et surchargée, impose pratiquement une politique de projets concentrés, avec une responsabilité reportée en partie sur des leaders industriels.

L'Allemagne et la France suivent ainsi, dans le domaine de la recherche automobile, des politiques de nature différente. L'efficacité de la structure de diffusion adoptée par l'Allemagne repose sur l'existence d'organismes intermédiaires auxquels sont confiés des tâches de montage et d'évaluation des projets de recherche.

Figure 10. d
Répartition des aides publiques aux transports terrestres en Italie (PFT)

En millions de Francs



Les coopérations européennes

Un des faits majeurs apparus pendant le PRD'TTT, est l'importance prise par la dimension européenne des recherches pour les transports terrestres. Les coopérations européennes entre industriels et entre instituts de recherche sont devenues, en l'espace de trois ans, une des lignes de force qui oriente les efforts publics et privés.

Ce sont les coopérations volontaires initiées par certains pionniers au niveau des groupes COST qui ont ouvert la voie. Le terrain était propice à l'établissement de liens plus forts entre certains acteurs dépendant soit de la sphère des instances publiques, qui ont la responsabilité des infrastructures et des transports publics, soit du monde industriel qui produit les mobiles.

Ainsi, se sont presque simultanément développés, d'une part, des coopérations à initiative communautaire, dans le «programme-cadre» de la Communauté européenne qui, dans sa seconde période 87-91 a lancé des actions importantes (programmes DRIVE et JOULE) et une amorce de programme spécifique aux transports, et, d'autre part, des programmes EUREKA dont l'initiative revient aux industriels.

1. Les programmes communautaires

Le second programme-cadre de recherche de la Communauté européenne met en œuvre une décision prise en février 1988 au Sommet de Bruxelles. Dans la perspective de la mise en place du grand marché intérieur, les gouvernements ont donné aux Communautés européennes les moyens financiers nécessaires à la mise en œuvre des recherches communes qui devront accompagner les profondes mutations des économies nationales découlant de cette politique.

Ce programme est mis en œuvre pour un montant de 5 396 millions d'écus sur la période 1987-1991. Une révision à mi-parcours, actuellement conduite par la Commission, peut être l'occasion de le revoir à la hausse, avec la perspective de passer d'un niveau de 1 000 Mécus par an à 2 000 Mécus d'ici 1992.

Ces montants, et la politique volontariste d'association qui les accompagne, constituent un levier d'action très puissant pour la coopération en matière de transports. Celle-ci est, à l'évidence, une exigence forte pour l'intégration européenne qui dépend en partie des progrès des systèmes de transports européens.

Le programme DRIVE

Après le succès de grands programmes, comme ESPRIT, les transports ont trouvé naturellement leur place dans les programmes dits «d'application», profitant de l'élan créé en faveur des technologies de l'information et de la communication. Ainsi le programme DRIVE (Dedicated road infrastructure for vehicle safety in Europe), lancé en juin 1988, a pour objectif de déterminer les techniques et les connaissances qui devront être mises en œuvre à l'échelle européenne pour les infrastructures afin d'améliorer la circulation routière et en diminuer les inconvénients (accidents, pollution, dépense excessive d'énergie).

Le montant du financement communautaire du programme est de 60 MÉcus, ce qui entraîne environ 120 MÉcus de travaux. Une première tranche de 50 MÉcus a été attribuée par le premier appel d'offres. La participation française aux 73 projets retenus est honorable : 33 projets comportent une participation française, dont 12 en tant que contractant principal. La «couverture» du programme est donc bonne. Les aides accordées aux équipes françaises sont d'environ 8 MÉcus, soit un peu moins que la moyenne de 20 % des aides obtenues par les équipes françaises dans les programmes communautaires à frais partagés.

Il convient néanmoins de ne pas s'arrêter à cet aspect financier immédiat et les retombées de DRIVE pour les équipes françaises de recherche, notamment dans les organismes publics, seront certainement très importantes.

Compte tenu du succès du premier appel d'offres, la Commission des Communautés européennes prépare, dans le cadre de la révision du programme cadre, une suite à DRIVE. La dynamique établie par la première phase de DRIVE pourra ainsi être renforcée. Un futur programme «Transports terrestres» devrait en tenir compte.

Le programme Transports de la DG VII

Le programme cadre comporte une réserve de 25 MÉcus pour le lancement d'un programme communautaire dans le domaine des transports, y compris la navigation aérienne et maritime. La définition de ce programme, confiée à la Direction générale VII de la Commission, n'a pas avancé au rythme prévu initialement, et le contenu prévu s'est trouvé couvert en partie par DRIVE. Ainsi, un groupe ad-hoc, réuni pour sélectionner le contenu de ce programme, a pu concentrer ses réflexions pour la partie transports terrestres sur la logistique du transport de marchandises et sur certaines études amont concernant les chemins de fer. Les travaux de ce groupe ne sont pas entièrement terminés. Ils doivent conduire à un appel d'offres pour la fin de l'année 1989.

Si ces travaux aboutissent à une meilleure cohérence des actions proposées, un peu dispersées actuellement, ce programme pourrait constituer le germe d'une

partie d'un futur programme «Transports terrestres» qui pourrait prendre place dans le prochain programme-cadre.

Les autres programmes communautaires

BRITE-EURAM

Parmi les programmes communautaires, ESPRIT et BRITE sont certainement les plus connus. Le grand programme ESPRIT, après une première phase consacrée aux technologies de base de l'informatique, a engagé une seconde phase plus proche des secteurs d'application, mais sans aller jusqu'à intégrer les applications aux transports qui sont incluses dans DRIVE.

BRITE est basé sur un objectif plus général de modernisation des techniques de production industrielle. C'est un programme non sectoriel dont peut bénéficier le secteur des transports, notamment pour ce qui est des techniques d'assemblage ou de l'appel aux technologies laser, ou encore, des questions liées aux nouveaux matériaux dans la partie EURAM du programme.

Le nouveau programme BRITE-EURAM vient d'être lancé, et il a aussitôt exploité les déclarations d'intention formulées pendant la période de préparation des décisions. Le montant des moyens attribués à cette phase est de 440 M€cus, qui seront attribués par des appels d'offres annuels, ce qui facilitera la participation d'entreprises petites et moyennes, car celles-ci sont un peu noyées par des appels d'offres attribuant des moyens de manière concentrée.

Il est à signaler que la prochaine étape de BRITE-EURAM verra le démarrage d'un programme sectoriel aéronautique. Le secteur des transports terrestres pourrait, si un consensus entre les industriels européens se dégagait pour soutenir un tel programme, bénéficier de la même démarche. Il importe dans cet objectif de définir les thèmes de recherche préconcurrentielle qui pourraient être proposés.

Le programme JOULE

Mis en place en 1989 par la DG XII, le programme JOULE est un programme de soutien à la R & D dans le domaine des énergies non nucléaires et de l'utilisation rationnelle de l'énergie. Il fait suite à un programme analogue, mis en place en 1975, en actualisant son orientation dans le sens d'une poursuite équilibrée des objectifs en matière d'environnement et d'énergie. Son montant est de 122 M€cus et il a fait l'objet d'un appel d'offres clos le 30 avril 1989.

Trois domaines particuliers concernent les transports terrestres :

– les technologies de la combustion où l'accent est mis sur les recherches amont sur les moteurs (allumage commandé et diesel) orienté vers la compréhension fine des phénomènes, les mesures et les modélisations. Les objectifs de dépollution à la source et d'efficacité énergétique y sont clairement indiqués ;

- les piles à combustible et notamment celles de petite puissance susceptibles d'utilisation sur les véhicules ;
- les stockages d'énergie où l'accent est mis sur les accumulateurs à haute performance (Lithium solide) et le stockage d'hydrogène.

Les programmes «Énergie» de la DG XVII

Jusqu'en 1989 la DG XVII lançait annuellement un appel d'offres d'opérations de démonstration sur l'utilisation rationnelle de l'énergie comportant un volet transport, les projets français retenus ont représenté 3 M€cus, en 1988, sur une allocation totale de 4 M€cus pour l'ensemble de l'Europe des douze.

Un nouveau programme «Thermie» (1990-1994) en cours de définition comporte un domaine transport et prévoit de prendre en compte trois types de projets :

- des appels d'offres de démonstration ;
- des appels d'offres sur sujets ciblés (ex : véhicule électrique) ;
- des projets de diffusion technologique.

2. Les programmes EUREKA

L'initiative EUREKA, prise par la France au printemps 1985 a connu un très grand succès auprès des industriels qui se sont associés dans 213 projets labellisés au 1^{er} juillet 1988.

Dans le cadre d'EUREKA, l'initiative appartenant aux industriels, il ne peut y avoir de programmation *a priori* d'actions sectorielles. On peut cependant examiner la situation actuelle dans le secteur des transports terrestres.

L'automobile est bien présente dans EUREKA, avec cinq projets à dominante «trafic et technologies nouvelles pour l'automobile», dont les trois plus importants comportent une participation française : PROMETHEUS, CARMINAT et EUROPOLIS. Cinq autres projets concernent la logistique des transports. Ils ne comportent pas de participation française, signe d'une certaine faiblesse ou d'une ignorance des enjeux importants associés aux systèmes logistiques.

Enfin, quelques programmes concernent certains aspects des techniques de l'automobile, dont CARMAT, pour les matériaux nouveaux et la mutation des matériaux traditionnels, AGATA pour la motorisation par turbine, et un programme pour «céramiser» les moteurs.

Le précédent PRD'TTT n'a aucune part dans la création des projets EUREKA. Il a, dans ce domaine, plutôt suivi qu'initié. Le nouveau programme se trouve dans une situation toute différente, car le «paysage» comporte déjà des programmes EUREKA très importants, notamment dans le domaine de l'automobile.

CARMINAT avance. Son application nécessite une politique publique claire en matière d'information routière et de systèmes de diffusion de ces informations.

PROMETHEUS, programme fondamental, prépare les techniques nouvelles dont bénéficieront les automobiles en l'an 2000. Il doit s'inscrire dans la continuité d'un effort de développement long et cohérent avec les développements des infrastructures routières et de télécommunication.

Le groupe de coordination des mesures d'appui pour les projets EUREKA, présidé par la France pendant le deuxième semestre de 1989, devrait nous permettre de jouer un rôle moteur sur cette importante question en associant étroitement les milieux de l'industrie et les administrations des transports, de la sécurité routière et des télécommunications.

Par contre, il n'y a pas encore de programme EUREKA dans le domaine des transports guidés. La situation dans ce domaine se prête moins facilement à des coopérations EUREKA. Les coopérations entre industriels sont difficiles, en raison de la concurrence entre les principaux partenaires possibles en France et en Allemagne. Les sociétés exploitantes de réseaux nationaux, notamment la SNCF et la DB doivent pouvoir coopérer plus étroitement. Les systèmes de gestion des mobiles (ASTREE et DYANE) pourraient constituer le point de départ recherché pour une coopération EUREKA dans ce secteur.

Chapitre 3

**Propositions
pour un nouveau programme
de recherche et développement
des technologies
des transports terrestres**

Le contexte économique et géopolitique

Avant de formuler des propositions pour le futur, il convient de brosser à grands traits la situation dans laquelle se trouve la France en matière de transports terrestres. Nous avons montré – c'est une des conclusions qui se dégage de la partie précédente – que nos grands concurrents de l'OCDE accordent une grande importance à ce secteur. Ils y investissent souvent plus que nous et leurs pouvoirs publics n'hésitent pas à intervenir massivement – par voie directe ou par le biais des structures décentralisées appropriées – pour soutenir leur industrie.

Globalement dans les sept pays européens pour lesquels les statistiques sont disponibles depuis 1975 (France, RFA, Grande-Bretagne, Italie, Pays-Bas, Belgique et Danemark), les transports terrestres se sont développés, même si l'on constate sur certaines périodes des ralentissements de cette croissance.

Ainsi, d'après les statistiques de l'INSEE, les transports de voyageurs et les transports de marchandises ont connu des mouvements dans le même sens : croissance forte entre 1975 et 1980 (supérieure sur la période à 18 %, soit en moyenne plus de 3,7 % par an), ralentissement entre 1980 et 1985 (inférieure sur la période à 9 % soit moins de 1,8 % par an), amorce de reprise en 1986, année qui connaît par rapport à 1985, une croissance des trafics de 4,8 % pour les voyageurs, et de 1,6 % pour les marchandises.

En France, les dépenses de transports terrestres représentent 14,4 % du budget des ménages en 1987 (16 % en 1988), contre 12,8 % en RFA, 12,5 % en Italie, 14,1 % en Grande-Bretagne et 16,1 % au Danemark. C'est dire l'importance des transports terrestres dans la vie quotidienne des Européens, et des Français, en particulier, puisque ce poste vient en troisième position dans notre pays, après les dépenses d'habitation et l'alimentation.

Pour ce qui concerne le secteur des matériels de transport, il faut noter une baisse, constante depuis 1983, des prix relatifs à la production. Sur la base 100 en 1980, l'indice qui était parvenu à 103,2 pour les «autres matériels de transports terrestres» en 1983, a été progressivement ramené à 93,2 en 1987. Pour la même année, l'indice des prix relatifs pour l'automobile était de 92,1.

Ces éléments concourent au maintien d'un solde positif de la balance commerciale française (+ 22,9 MdsF en 1987) malgré une plus forte pénétration des productions automobiles étrangères sur le marché français : 38 % en 1987 contre 37,1 %

en 1986. Néanmoins, globalement, la situation n'est pas véritablement satisfaisante.

Pour les véhicules routiers, y compris les véhicules industriels, le taux de couverture des échanges extérieurs, de 195 % en 1979, de 160,2 % en 1981, et de 121,3 % en 1987, n'a cessé de se dégrader. Malgré le redressement financier des grands constructeurs français, la situation reste donc difficile, en raison de la forte concurrence de constructeurs européens et de la pression japonaise. Ces constructeurs ont fait de très gros efforts d'investissement dans le domaine de la production et dans celui de la recherche-développement.

Pour l'industrie ferroviaire, le taux de couverture des échanges extérieurs, toujours très largement supérieur à 100 %, ne doit pas masquer des évolutions moins favorables. Après une période faste qui a vu la part du chiffre d'affaires exporté augmenter régulièrement pour atteindre 40 %, cette part est maintenant en régression sensible.

L'industrie ferroviaire française qui bénéficie au plan intérieur d'une relance grâce aux grands projets décidés ou en cours (TGV Atlantique, TGV Nord et Est, tunnel sous la Manche, métro de Toulouse, desserte d'Orly, MAGGALY, etc.), doit amplifier et diversifier ses efforts pour consolider ses positions à l'étranger et prendre en Europe des positions de force.

Il faut également considérer le secteur des services de transports terrestres où le solde des échanges extérieurs demeure déficitaire (déficit de 818 MF en 1987).

Les constructeurs de matériels comme les entreprises de transports sont donc conduits à réaliser d'importants efforts de productivité, s'ils veulent être compétitifs. Cela passe nécessairement par un effort de recherche et de développement en rapport avec les enjeux économiques et sociaux.

Il faudra, pour orienter les recherches dans le domaine des transports terrestres, évaluer l'évolution prévisible des comportements collectifs. Cela concerne aussi bien les déplacements en agglomération du domicile au travail, que ceux engendrés par les loisirs. Outre le maintien d'un effort substantiel concernant l'efficacité énergétique, il faudra aussi faire une place croissante à la protection de l'environnement et au souci de sécurité.

Les grands groupes industriels, pas plus que les gouvernements, ne peuvent faire l'économie d'une réflexion approfondie sur les conséquences de la nouvelle donne internationale et, en particulier, européenne. L'édification de l'Europe va donner une impulsion décisive aux transports guidés à grande vitesse dont l'expansion pourrait, en outre, être grandement facilitée par la saturation de l'espace aérien autour des grandes métropoles. Il ne serait pas étonnant qu'à la fin de ce siècle les trains à grande vitesse supplantent l'avion pour aller de Paris à Londres, à Amsterdam, à Francfort, à Milan ou à Barcelone.

Les bouleversements en cours dans les pays de l'Est, la volonté d'accroître les échanges avec les pays de l'OCDE, offrent, par ailleurs, une chance majeure aux pays de la CEE, et à la France, en particulier, d'exporter leurs technologies de transports terrestres. Il serait cependant imprudent de négliger le développement de pays comme l'Inde, le Brésil ou le Mexique.

Toutes ces raisons nous amènent à proposer une organisation par thèmes différente de celle retenue pour le PRDTTT de 1984 à 1988. Après réflexion, nous avons opté pour une présentation matricielle croisant :

Six thèmes verticaux :

- 1 – Transports guidés
- 2 – Technologies des véhicules routiers
- 3 – Transports de marchandises
- 4 – Technologies du trafic
- 5 – Organisation des transports et systèmes de mobilité
- 6 – Analyse stratégique et compétition internationale

Avec trois thèmes transversaux :

- A – Sécurité
- B – Environnement
- C – Énergie

Les thèmes transversaux

Les trois thèmes transversaux constituent des priorités que la majorité des thèmes verticaux doivent intégrer. D'autres thèmes transversaux, plus orientés sur les technologies, existent. Nous avons renoncé à les distinguer, d'abord pour ne pas trop compliquer le dispositif, ensuite parce les programmes européens les prennent en compte. Il n'en faudra pas moins veiller, lors de la mise en place du Comité d'évaluation et de prospective et du choix de ses membres, à ne pas les perdre de vue.

1. Sécurité (A)

Il s'agit là d'une préoccupation majeure de tous les usagers et, par conséquent, des pouvoirs publics et des entrepreneurs de transport. C'est fort naturellement un des principaux enjeux de la compétition internationale entre transporteurs et entre constructeurs. D'où l'intérêt que les uns et les autres portent aux recherches de toute nature qui peuvent être à l'origine de développements améliorant la sécurité. On les retrouvera, au fil des six thèmes verticaux, dans l'utilisation des matériaux nouveaux, l'amélioration de la fiabilité des véhicules, la place croissante faite à l'ergonomie, l'introduction des procédures de navigation et de guidage électronique et le contrôle de trafic.

Mais la sécurité ne dépend pas seulement de la qualité des mécaniques et des automatismes. Elle est également liée à des comportements humains encore peu connus et qui doivent faire l'objet de recherches.

Il faut également souligner l'important problème de la sécurité des systèmes, qui touche tous les secteurs du transport : la voiture et son conducteur, le système de régulation du rail, le trafic en agglomération. De nombreux dysfonctionnements, accidents ou blocages, relèvent en effet de défaillances d'organisation déclenchées par un ou plusieurs événements imprévus.

Dans les transports guidés, et au-delà de la nécessaire amélioration de l'ergonomie de la conduite, c'est le contenu même des métiers qui doit être repensé en vue d'une meilleure adaptation de l'homme à un environnement mécanique, électrique et électronique où les automatismes prennent une place de plus en plus grande. De ces recherches doit découler une modernisation de la formation professionnelle, davantage orientée vers l'apprentissage des situations d'aléas, en particulier, grâce à l'utilisation de simulateurs de conduite.

Dans le secteur des véhicules routiers, une meilleure connaissance des comportements des conducteurs est également nécessaire. C'est une des raisons qui militent pour la construction, en France, d'un simulateur national de conduite, à l'instar

de ceux dont disposent, pour ne parler que de l'Europe, les Suédois à Linköping, Daimler-Benz à Berlin et Volkswagen à Wolfsburg.

Mais l'amélioration de la sécurité passe en réalité par une évolution de l'attitude de tous ceux qui se servent des transports individuels ou les côtoient. Nous préconisons, pour répondre à cette préoccupation, une action à grande échelle s'adressant d'abord aux jeunes : l'installation de simulateurs de conduite dans les lycées. La mise en œuvre de cette idée comporterait de multiples avantages, tant sur le plan éducatif que sur le plan économique. En effet, il s'agit d'une activité qui intéresse fortement les jeunes, en prise directe avec la vie et concourant à la formation des futurs conducteurs. On peut même imaginer que, profitant de l'intérêt porté à ce domaine par leurs élèves, certains lycées techniques en fassent un sujet d'études et apportent des améliorations aux appareils qui leur seraient livrés. En outre, l'accès à ces simulateurs pourrait être ouvert à l'ensemble des usagers, ce qui permettrait, outre une meilleure insertion des établissements scolaires dans leur environnement social et économique, la mise en œuvre, à grande échelle, d'actions de perfectionnement de la conduite automobile. Enfin, cette opération donnerait à l'industrie nationale la possibilité de s'implanter sur un créneau appelé à se développer. Il appartient maintenant aux ministères des Transports et de l'Éducation nationale de prendre à leur compte cette idée.

La persistance, en France, des comportements transgressifs très répandus chez les conducteurs et ses conséquences sur le nombre des victimes d'accidents de la route ont fait l'objet de nombreuses études. Pour trouver des remèdes efficaces, il faut adopter une démarche éducative reposant sur une meilleure connaissance de la cinématique des déplacements, en général, et du comportement des conducteurs en situation critique. Cela implique la mise au point et l'utilisation d'enregistreurs de certaines variables clefs. Un transfert des technologies employées dans le domaine des transports guidés, où des recherches sont actuellement menées pour enrichir les fonctions des enregistreurs, semble envisageable.

Quoi qu'il en soit, l'extension aux véhicules routiers de ces systèmes d'enregistrement pose de tels problèmes d'acceptation qu'il nous a semblé nécessaire, en plus des études techniques préalables, de mener une réflexion de fond sur les modalités d'introduction de tels dispositifs sur les véhicules : choix entre la généralisation à tous les véhicules et la limitation aux grosses cylindrées, mesures incitatives par le biais de la fiscalité ou de réductions sur les primes d'assurances. Cette réflexion ne doit négliger ni les aspects juridiques, ni les aspects sociaux, ni l'évolution des mentalités.

2. Environnement (B)

La protection de l'environnement, qui constitue un objectif commun à la plupart des thèmes verticaux, requiert elle aussi des mesures spécifiques.

En effet, les moyens de transport, et particulièrement les véhicules routiers, interagissent fortement avec le milieu naturel et le cadre de vie (pollutions atmosphériques, nuisances sonores, occupation de l'espace, élimination des déchets...). Or, dans tous les pays, et, notamment, en Europe, le public est de plus en plus sensible à ces nuisances. Si rien n'est fait pour y porter remède, c'est l'acceptabilité même de certains moyens et infrastructures de transport terrestre par une fraction de plus en plus grande du corps social qui risque d'être compromise. Les enjeux sont tout à fait considérables.

On pense d'abord aux dispositifs contre la pollution. La généralisation des pots catalytiques ne sera pas sans conséquence sur notre balance commerciale. Pour que la France prenne position sur ce créneau, il serait opportun de relancer les recherches sur la substitution, au platine et au palladium, de métaux moins nobles pour les catalyseurs.

Pour préparer la relève des carburants fossiles, menacés par la sévèrisation des normes antipollution, particulièrement pour les moteurs Diesel, il convient de mobiliser les ressources des constructeurs et des grands organismes de recherche (CNRS – CEA – IFP) autour des solutions alternatives : véhicule électrique (dont le principe répond à toutes les questions posées par l'effet de serre, la pollution, le bruit et la flexibilité vis-à-vis de l'énergie primaire), turbine de traction (les progrès sur les matériaux peuvent débloquent certaines difficultés dues aux températures d'utilisation), carburants de substitution (hydrogène, GNC, GPL, piles à combustible, etc.). La transition sera une phase particulièrement sensible et il semble important, dans ce contexte, de développer des solutions hybrides.

Une autre préoccupation, liée à l'utilisation de nouveaux matériaux concerne la protection de l'environnement : il s'agit du recyclage, particulièrement pour les polymères.

Enfin, deux autres thèmes devront faire l'objet de réflexions dans le cadre de l'implantation des infrastructures lourdes (autoroutes, voies de TGV) particulièrement difficile en agglomération, et la lutte contre le bruit. Des experts internationaux (OCDE), qui s'appuient notamment sur les travaux du Quiet Heavy Truck britannique, ont récemment mis l'accent sur la nécessité d'une réduction globale des nuisances sonores et recommandé l'adoption d'une nouvelle limite des niveaux de bruit, soit pour les basses fréquences, soit pour les émissions à vitesse constante (position britannique). Des enquêtes réalisées à l'échelle internationale, afin de mesurer les nuisances des voies de circulation pour les riverains, mais aussi les conducteurs de poids lourds, permettraient de justifier ou d'infirmer ces positions.

3. Énergie (C)

Malgré les succès obtenus par la politique nationale d'économie d'énergie depuis 1973, l'évolution de la consommation dans le secteur transports demeure préoccupante, d'autant qu'il s'agit pour l'essentiel de produits pétroliers. En augmentation constante, elle représente, en 1988, 25 % de la consommation totale d'énergie et 57 % de la consommation de produits pétroliers, contre, respectivement 21 % et 34 % en 1973.

C'est dans le domaine des transports terrestres, dont la consommation s'est élevée en 1988 à 35 Mteps, dont 34 Mteps de produits pétroliers (24 Mteps, dont 23 Mteps d'hydrocarbures en 1973) que l'évolution est la plus sensible.

Cette situation est en grande part le résultat du développement des transports routiers dont la consommation en énergie a augmenté de 50 % depuis 1973. D'une part, l'utilisation des véhicules routiers, aux dépens d'autres modes de transport, plus économes en énergie, est en progression constante. D'autre part, la circulation en milieu urbain, c'est-à-dire là où les véhicules sont les moins efficaces sur le plan énergétique, s'est accrue de 60 %, au cours de la même période. Cette densification importante et généralisée du trafic dégrade les conditions de circulation et amplifie encore la dépense énergétique.

C'est ainsi que les gains technologiques enregistrés au cours de ces dernières années sur la consommation des véhicules routiers ont été totalement absorbés par la dérive du système de transport en niveau de trafic.

La situation est tout à fait comparable dans l'ensemble de l'Europe des douze. En 1986 le transport représentait 28 % de la consommation totale d'énergie (41 % pour la Grèce, 35 % pour l'Espagne) et 54 % de la consommation d'hydrocarbures (jusqu'à 70 % aux Pays-Bas et en Grande-Bretagne). On y constate également les mêmes facteurs de dérive du bilan énergétique : croissance des modes routiers, de l'usage urbain de l'automobile, congestion grandissante de l'infrastructure routière.

L'énergie redevient un enjeu majeur, tant du point de vue de l'approvisionnement, que du point de vue de la pollution. La manière d'aborder cette question stratégique impose aujourd'hui une approche multicritère (énergie, sécurité, environnement, confort) qui tienne compte des exigences croissantes de l'opinion et du marché.

Thème 1 – Les transports guidés

Les transports guidés ont une importance majeure tant dans le développement et l'organisation des grandes métropoles urbaines que sur le plan de l'aménagement du territoire et de la construction européenne.

Là où leur utilisation s'impose pour la vie de la collectivité, en particulier, sur le plan économique, ils présentent une efficacité supérieure aux autres modes de transport, en termes de capacité, de sécurité, de consommation d'énergie ou d'utilisation des surfaces et offrent, en outre, des avantages incontestables en ce qui concerne la pollution et la protection de l'environnement.

Le programme de recherche et de développement qui a été réalisé de 1984 à 1988, avait deux objectifs essentiels :

- améliorer les conditions de desserte, d'exploitation et d'attractivité des transports collectifs de voyageurs et accroître, en même temps, la sécurité de ces transports ;
- maintenir, voire accroître la compétitivité de l'industrie française (industrie ferroviaire et industrie des équipements).

Ces objectifs sont toujours d'actualité, d'autant plus que le monde des transports guidés doit se préparer à des mutations économiques et technologiques importantes dans les prochaines années.

Ainsi, le marché unique européen, aura des répercussions sur tous les systèmes de conception le plus souvent nationale. D'une part, il va conforter la constitution d'un véritable réseau européen interconnecté : le lancement du tunnel sous la Manche et l'extension des réseaux TGV préfigurent l'ampleur des modifications potentielles. D'autre part, du fait de l'ouverture systématique des appels d'offres à l'ensemble de la Communauté, il va placer l'industrie française face à une concurrence exacerbée, y compris sur son propre marché national. Enfin, cette ouverture des marchés nécessite d'urgence la création de normes européennes s'appuyant sur les différentes normes nationales existantes. L'ensemble des acteurs, industriels, sociétés exploitantes, puissance publique, devront prendre une part active à cette action, et aux recherches préalables nécessaires.

La concurrence, de plus en plus sévère, s'étend bien sûr au marché mondial dont l'accès constitue un élément indispensable au développement, voire à la survie, de l'industrie ferroviaire nationale. Cela impose des conceptions intégrant les caractéristiques de ces marchés (notamment les normes, les conditions locales, le climat...) et exige d'adapter les matériels et les technologies déjà en service.

Devant ces défis, nos industries devront non seulement développer la politique d'alliance la plus efficace, mais aussi se présenter avec des produits à haut niveau de technologie.

Sur ce dernier plan, les perspectives d'avenir conduisent à redéfinir certaines orientations. D'ores et déjà apparaît l'intérêt d'explorer les très grandes vitesses ferroviaires, au-delà des 300 km/h. Les systèmes de contrôle-commande automatiques réalisés en technique numérique devraient voir leur champ d'application étendu à tous les systèmes ferroviaires. Enfin l'utilisation des matériaux nouveaux et de la robotique ne peut qu'entraîner une mutation progressive de la conception et du processus de fabrication des matériels.

Pour faire face à ces évolutions, les industriels et les exploitants sont engagés dans une série de grands projets. Certains ont été réalisés et ont permis la construction d'une première génération de produits : TGV, turbotrans, VAL, SACEM, SK, Tramway à plancher bas... D'autres en sont au stade du développement : TGV à deux niveaux, TGV à vitesse supérieure à 300 km/h, MAGGALY, Métro 2000, ASTREE... D'autres encore en sont au stade de la réflexion :

- étude de système de transport léger en site propre automatique, à gabarit réduit, et à coût attractif ;
- étude de faisabilité technico-économique du projet urbain franco-allemand STARLIM.

Ces grands projets nécessitent de nombreux travaux pour lever les verrous technologiques et obtenir des produits qui répondent aux besoins fonctionnels et aux exigences de sécurité, mais qui soient aussi flexibles, aisés à exploiter et à entretenir. Ils devront aussi, et ce sera un facteur capital de compétitivité, conduire à une réduction des coûts de premier investissement et des coûts globaux, à performances égales ou supérieures.

En conséquence, il est proposé de faire porter l'effort de recherche sur trois grands axes :

- les systèmes de contrôle-commande ;
- les matériaux et leur utilisation ;
- la dynamique et la traction ferroviaire.

Ainsi que sur :

- l'évolution des systèmes existants et nouveaux systèmes.

1. Les systèmes de contrôle-commande

Les recherches réalisées autour d'ARAMIS, SACEM, et les recherches en cours sur ASTREE et l'AIMT, ont permis de franchir une étape importante dans l'approche et la conception des systèmes de contrôle-commande ferroviaires tenant compte des problèmes de sécurité spécifiques à ces domaines.

Elles doivent continuer à intégrer :

- la généralisation des dispositifs numériques dont le développement offre d'importantes possibilités supplémentaires en matière de calcul, de communication, de mémorisation et d'architecture ;
- la résolution des problèmes de sécurité ferroviaire dans les réalisations informatiques (matériels et logiciels) ;
- les réflexions sur le partage des tâches entre l'homme et les automatismes, en tenant compte des contraintes d'efficacité, de sécurité et d'ergonomie,
- les réflexions sur les formations nécessaires aux nouveaux métiers.

Les résultats acquis dans ce secteur encore naissant ont permis à l'industrie nationale d'acquiescer une position qu'il convient de conforter et d'exploiter. Les actions à poursuivre ou à entreprendre portent sur les systèmes, les sous-ensembles et composants, les outils et méthodes.

Les systèmes

Les trois systèmes en cours de réalisation et de développement permettent une approche graduelle des problèmes à traiter : sécurité, flux d'information et architecture, automatisation intégrale.

SACEM a permis de progresser significativement dans le domaine de la sécurité. Il importe d'obtenir la maîtrise complète de la filière «monoprocasseur codé», d'en rationaliser l'application et d'en élargir le champ.

ASTREE, au-delà des aspects touchant à la sécurité, pose le difficile problème d'un système à échelle nationale, géographiquement réparti, et à flux d'information très élevé. Basé sur un réseau considérable de communications et de traitement d'informations sécuritaires, il nécessite des recherches approfondies sur ses structures et ses sous-systèmes.

AIMT a pour but de réaliser, à l'échelle d'une ligne de métro à trafic dense, voire d'un réseau, l'automatisation du mouvement des trains. Le VAL a montré la voie dans le cas d'un métro léger. MAGGALY est en cours de conception pour un métro lourd sur ligne nouvelle. Il convient de généraliser ces concepts à la modernisation de lignes existantes sans interruption de trafic.

Cette approche graduelle est nécessaire, mais il convient aussi de mener une démarche globale systématique pour prendre en compte les multiples aspects liés à la construction, à la maintenance et à l'exploitation.

Il faut souligner, enfin, que l'évolution de ces produits nécessite le développement d'autres systèmes techniques, non sécuritaires, mais qui doivent trouver leur place dans le cadre global des systèmes de transport. En particulier, les systèmes de contrôle/accès/paiement vont connaître une forte mutation, et des recherches dans le domaine de la billetterie et de la monétique sont indispensables, de même que dans le domaine des systèmes d'information des voyageurs. Ces recherches,

qui intéressent l'ensemble des transports guidés et non guidés, sont évoquées dans le cadre du thème B.

Les sous-ensembles et les composants

Les supports de transmission

L'automatisation requiert des transmissions d'information à grand débit entre la voie et les véhicules. La recherche doit porter sur une minimisation du matériel en campagne, une grande disponibilité, une invulnérabilité aux agressions mécaniques ou physiques. Au cours de ces dernières années ont été imaginés des dispositifs très innovants, notamment à base d'hyperfréquence, dont il est essentiel de favoriser le développement.

Les architectures informatiques

On assiste au développement dans les systèmes de transport, au niveau des équipements embarqués et des équipements fixes, de dispositifs à traitement numérique qui supplantent peu à peu les équipements à base de logique câblée, de logique à relais et de traitement analogique. Ce développement conduit à l'abandon d'approches classiques et à des modifications profondes de la conception des automatismes des systèmes de transport, de leur architecture, de leurs liaisons, voire de leurs fonctions. Il convient de renforcer les réflexions et études déjà lancées sur ce sujet, l'objectif final étant la réalisation d'architectures sécuritaires, réparties, tolérantes aux fautes. Trois composantes doivent être simultanément développées : les supports physiques de transmission, les protocoles d'échanges et la répartition d'intelligence.

Sur la base des expériences déjà en cours pour d'autres systèmes (systèmes industriels, transport d'énergie électrique...), on peut dire que cette évolution est aussi porteuse de changements organisationnels importants. La répartition de l'intelligence, la détermination des temps de réponse pour la régulation des systèmes modifient les responsabilités des hommes. Des études d'accompagnement organisationnel de l'implantation de ces nouvelles architectures informatiques devraient être encouragées de manière à éviter les rejets ou les dysfonctionnements majeurs (cf. thème «Organisation des transports et systèmes de mobilité»).

Les systèmes-experts

L'utilisation possible des systèmes-experts ou plus généralement de l'intelligence artificielle, dans les domaines de la gestion, de l'exploitation et de la maintenance doit permettre de résoudre des problèmes qui se prêtent mal à une résolution algorithmique. Cette démarche laisse espérer des gains significatifs dans chacun de ces secteurs. Ainsi on peut espérer une réduction des temps d'immobilisation des matériels de 20 % environ.

Par ailleurs, à moyen terme, ces techniques vont s'intégrer aux fonctions des systèmes de contrôle-commande : procédure automatique de régulation et gestion de leurs modes dégradés, génération de modèles de représentations d'aide à la décision, reconnaissance d'images.

Les composants élémentaires

Mesure d'espace et de vitesse : il est essentiel de mettre au point des processus ou des capteurs fiables, économiques, et permettant une mesure indépendante de l'adhérence (application aux matériels tout moteur en particulier).

Détection, localisation et identification : la plupart des transports guidés utilisent les propriétés multiples des circuits de voie. On peut, soit, leur substituer des dispositifs faisant abstraction des rails, soit, rechercher une nouvelle génération de circuits de voie économiques, adaptables facilement, et à l'épreuve des perturbations, grâce à la numérisation des signaux.

Détection d'obstacles et de personnes : l'extension de l'automatisation implique la mise au point de systèmes de surveillance permettant le déclenchement direct des dispositifs de sécurité et donnant l'alerte à distance. On envisage en particulier la détection des voyageurs sur ou à proximité des voies de circulation des véhicules.

L'analyse d'images doit trouver une place particulière dans de tels dispositifs, mais il reste beaucoup à faire pour passer des recherches théoriques aux applications opérationnelles et économiquement viables.

Outils et méthodes

Outils de conception, de spécification, de validation et de contrôle

Les systèmes de contrôle-commande de demain nécessitent, en raison de leur complexité technique et fonctionnelle, le recours à des outils, notamment informatiques, non seulement au cours de leur phase de conception et de mise en œuvre, mais aussi pendant leur durée d'utilisation car ces systèmes sont, par nature, évolutifs.

La modélisation, la simulation, la génération de scénarios fournissent des outils pour tester non seulement les logiciels de sécurité, mais aussi la cohérence fonctionnelle du système. Les outils actuels ne constituent pas une chaîne homogène. Il est donc nécessaire d'effectuer des recherches pour définir les principes et concevoir de véritables ateliers de génie logiciel qui permettront d'assurer non seulement l'ensemble des fonctions de contrôle et de validation, mais aussi les fonctions d'aide à la conception. Un soin tout particulier doit être porté au mode de dialogue avec ces outils de façon à le rendre le plus «naturel» possible et à en permettre ainsi l'utilisation par des non informaticiens. Les outils de conception doivent aussi permettre la simplification des systèmes très complexes.

Outils et méthodes de lutte contre les perturbations électromagnétiques

Il est nécessaire de remédier à l'interférence des systèmes de puissance et des systèmes de contrôle-commande entre eux et avec l'environnement. La proximité de nombreux équipements, faisant voisiner courants forts et micro-courants, peut être de nature à perturber le fonctionnement d'ensemble.

Ce domaine de recherche, insuffisamment exploré actuellement, doit être conduit sur le plan technique sans négliger les aspects réglementaires.

L'évolution des systèmes de contrôle-commande vers une automatisation de plus en plus grande ne doit pas faire oublier l'importance des interfaces de dialogue homme/machine ; que ce soit au niveau de la commande centralisée, du poste de conduite, lorsqu'il existe, ou de la maintenance. L'existence d'un bus informatique, le recours à l'intelligence artificielle, l'évolution des moyens de visualisation permettent d'envisager dans ce domaine des mutations profondes dans l'ergonomie des postes de travail.

Enfin la mise en œuvre de grands programmes européens relatifs au transport routier, tels que PROMETHEUS, peut être l'occasion de rapprocher les technologies développées dans les transports guidés et les besoins liés à l'évolution de l'automobile, notamment dans le domaine de la sécurité des commandes par micro-processeurs, de la détection d'obstacles, du guidage, des transmissions sol-véhicule, des aides au diagnostic et à la maintenance. Ces recherches pourraient faire l'objet, au fur et à mesure de la montée en charge de ces programmes européens, d'actions d'accompagnement nationales.

2. Les matériaux et leur utilisation

L'utilisation de nouveaux matériaux est une des clés du progrès des matériels ferroviaires, aussi fait-elle l'objet de recherches dans tous les pays avancés technologiquement. Leur emploi, qui laisse espérer des allègements allant jusqu'à 20 à 30 % de la masse des structures de caisse sans accroissement de coût, voire en le réduisant, doit permettre l'amélioration des matériels existants et la réalisation des futurs matériels, comme le TGV à deux niveaux et Métro 2000.

De nombreux éléments sont concernés : structures de caisse, bogies, essieux, chaîne de traction freinage, aménagements intérieurs.

Les actions prioritaires dans ce domaine doivent porter sur l'intégration de matériaux plus légers à performances au moins égales : acier à haute limite élastique et alliage léger, nid d'abeilles, matériaux composites pour certains éléments de structure, et tout autre matériau ou combinaison de matériaux susceptibles d'apporter des gains de masse significatifs, dans les meilleures conditions de sécurité, et notamment de résistance en cas d'incendie.

3. La dynamique et la traction ferroviaire

La dynamique ferroviaire a particulièrement progressé ces dernières années, mais elle doit le faire encore pour augmenter les performances et le confort des voyageurs et des riverains, pour diminuer les coûts d'entretien et pour éviter le surdimensionnement de certaines pièces mécaniques des trains, surdimensionnement qui accroît les coûts de construction.

Au-delà d'une meilleure connaissance du contact rail/roue, les recherches doivent porter sur certaines fonctions essentielles de base :

- la stabilité de marche des matériels ;
- la motorisation et les transmissions ;
- le freinage.

Elles doivent être complétées par des recherches sur l'alimentation en énergie et les aménagements de caisses.

La stabilité de marche des matériels

Les matériels roulants ferroviaires ont utilisé le bogie à deux essieux rigides à roues coniques pour arriver à deux grandes filières :

- les matériels rapides à bogies rigides qui sont stables à grande vitesse mais peu aptes à la prise des courbes ;
- les matériels urbains à bogies souples qui réalisent un compromis entre une vitesse limitée et de petits rayons de courbure.

Aujourd'hui, on a épuisé les ressources des bogies à essieux rigides. Pour améliorer la stabilité du roulement, mais aussi diminuer les nuisances liées au bruit, aux vibrations et aux usures, les recherches, facilitées par les progrès de la modélisation numérique, se portent sur les essieux à roues indépendantes, avec ou sans contrôle du glissement, pour les bogies rapides, ainsi que sur les bogies à essieux orientables, avec ou sans roues indépendantes, pour améliorer la prise des courbes de matériels urbains.

L'utilisation d'essieux à roues indépendantes, du type métro BOA, semble devoir apporter des solutions efficaces pour les tramways et les métros urbains légers.

Pour les transports lourds, il est nécessaire de poursuivre les recherches sur des bogies moteurs à deux essieux orientés et roues indépendantes. Pour le moyen ou le long terme, il convient de tester les composants puis de réaliser des prototypes de bogies dont la position des essieux sera asservie suivant plusieurs principes à une détection de position de la voie, et cela, dans toute la gamme des vitesses.

Parallèlement, il importe d'envisager la réalisation d'une filière française de véhicules à caisse inclinable exploitant les progrès récents en matière d'asservissement

dans le double objectif d'augmenter la vitesse sur les lignes classiques et d'améliorer le confort.

Enfin, la technique du roulement sur pneumatique a acquis une place importante dans les transports urbains et les dessertes internes des aéroports. Il convient d'améliorer sa position par des recherches sur les limites admissibles de charge, la vitesse et la définition de nouveaux moyens de guidage plus simples et plus légers.

L'alimentation en énergie

En ce qui concerne l'optimisation et le choix de tensions d'alimentation électrique, une comparaison entre les différentes sources, courant continu, courant monophasé ou triphasé, est en cours afin de trouver l'optimum en fonction de la longueur de la ligne et du nombre de véhicules. Un soin particulier devra être porté à l'examen des possibilités de l'énergie triphasée, car elle permet de simplifier, voire de supprimer, les équipements liés aux énergies de servitude.

S'agissant du mode et des vitesses limites de captation, le pantographe asservi, l'utilisation de matériaux composites, et l'amélioration des matériaux de contact permettent d'envisager qu'un pas important sera franchi, notamment, dans les grandes vitesses.

La motorisation et les transmissions

De nombreuses recherches sont récemment arrivées à terme, mais ce domaine poursuit une évolution rapide. Il convient d'assurer :

- le développement d'une filière asynchrone de forte puissance dans l'industrie française ;
- l'intégration des nouveaux semi-conducteurs de puissance GTO en vue de la réduction des coûts et des poids des équipements de traction ;
- l'éventuel développement du moteur linéaire sur STARLIM, et la réalisation d'accélérateurs de type «Booster» permettant de gravir des rampes localisées ;
- le développement des transmissions à moteur roue, complément indispensable des architectures mécaniques à roues indépendantes, qui doit être poursuivi dans la version hydrostatique développée par la RATP et Sulzer, ainsi que dans une version électrique encore à définir. Ces dispositifs peuvent permettre l'abaissement du plancher des véhicules. La version hydrostatique peut autoriser une récupération d'énergie suivant une modalité applicable aux autobus urbains ;
- la veille technique sur d'éventuelles applications de la supra-conductivité dans les domaines de la distribution de l'énergie et de la motorisation.

Le freinage

Les recherches doivent s'orienter vers :

- une réduction de la sollicitation dans le cadre du métro automatique ;
- une amélioration de la puissance spécifique des dispositifs de freinage mécanique permettant une diminution du volume des organes du freinage et une meilleure intégration de ces organes dans les bogies, afin de simplifier l'architecture de ceux-ci.

L'une des voies les plus intéressantes est l'utilisation de freins carbone-carbone, dont il convient d'étudier l'application dans les différents domaines où des performances élevées du freinage sont recherchées, notamment, sur le réseau TGV, le réseau ferroviaire de banlieue et le métro urbain.

Enfin, la voie dite du «puits à chaleur» est à développer en utilisant l'expérience de l'aéronautique.

Les aménagements de caisse

Les recherches doivent porter sur :

- les aménagements intérieurs (panneaux de structure, sièges...);
- la standardisation, avec réduction des masses et du coût, des portes ;
- l'amélioration de la résistance à la corrosion ;
- les conditions de confort, par la réduction des vibrations et l'amélioration du confort thermique,
- les moyens de lutte contre le vandalisme (meilleure résistance des matériels aux dégradations et réduction des coûts de remise en état des matériels).

4. Évolution des systèmes existants et nouveaux systèmes

Les actions envisagées concernent à la fois les nouveaux concepts de système et l'évolution de la gamme actuelle.

Ce programme se caractérise par :

- le maintien d'une recherche exploratoire visant notamment à combler les lacunes de la gamme actuelle qui n'offre pas de solution économiquement satisfaisante pour les villes moyennes ;
- la poursuite des recherches sur les nouveaux systèmes dont les concepts ont été forgés dans le cadre du précédent programme, notamment le système STARLIM. En effet, ce transport à moteur linéaire présente un grand intérêt pour la desserte suburbaine, à insertion difficile, à vitesse moyenne de 150 km/h ;

– l’optimisation puis l’évolution des systèmes actuellement opérationnels.

Ainsi :

- le TGV verra sa gamme élargie par une version à deux niveaux ainsi que par la recherche de vitesses plus élevées ;
- le VAL verra sa compétitivité renforcée, d’une part, par l’adoption de nouvelles technologies, dans une filière compatible avec les systèmes VAL actuels, d’autre part, par la création d’une nouvelle génération au domaine d’application plus large ;
- le turbotrain sera adapté pour les ventes à l’exportation (États-Unis en particulier) et sa vitesse, accrue, tout en maintenant un niveau de confort acceptable pour les passagers ;
- une nouvelle génération de tramway verra peut être le jour soit en dérivant, à partir des modèles actuels, une «version économique», soit en créant une nouvelle filière utilisant les ressources du pneumatique et de nouveaux principes de guidage ;
- enfin le transport hectométrique (SK, POMA...) devrait évoluer sur le plan des automatismes pour améliorer l’exploitation et la maintenance, et, éventuellement, sur le plan du design de façon à favoriser l’insertion architecturale dans les sites urbains.

5. Conclusions

Les problèmes actuels des industries et du transport ferroviaires, les perspectives d’évolution du marché ainsi que l’introduction massive des technologies avancées conduisent à définir des besoins de recherche et de développement importants et mettent en évidence le caractère stratégique des actions proposées.

Le montant de ce programme pour les années à venir s’élève aux environs de 2 300 millions de francs, ce qui représente un effort important, supérieur à celui qui a été réalisé entre 1984 et 1988. Mais il se justifie par l’importance des enjeux, la grandeur du champ à couvrir, et la priorité accordée aux problèmes de sécurité. Bien que n’étant pas identifiée de manière spécifique, la sécurité est en effet une composante essentielle des actions proposées ; la part qui en relève peut être estimée à 650 millions de francs, soit au quart du montant total.

Ce programme de recherche et développement, élaboré par l’ensemble des industriels, des sociétés exploitantes et des administrations concernées, a été fortement déterminé par des considérations à court et moyen terme. Il faudrait, pour mieux prendre en compte le long terme, prévoir, à l’instar de ce qui se fait en République fédérale d’Allemagne, par exemple, un volant de crédit permettant de financer, en cours de programme, des actions nouvelles dont l’initiative émanerait de la recherche avancée.

Il conviendrait enfin de reconduire les structures de concertation mises en place à l'occasion du précédent PRDTTT pour assurer l'animation et la cohérence des actions menées par les industriels, les sociétés exploitantes, les instituts spécialisés, les laboratoires universitaires et les services publics.

C'est de la mobilisation de l'ensemble de ces acteurs que dépendront la constitution, dans le domaine de l'industrie ferroviaire, d'une offre adaptée à la demande de transport de l'an 2000 et la capacité de l'industrie nationale d'affronter dans les meilleures conditions la compétition internationale.