

Recherche, technologie et entreprise : les industries du matériel de transport terrestre en Europe

Michel FRYBOURG
Professeur au CNAM

INTRODUCTION

Les contributions financières d'origine budgétaire à la recherche industrielle n'ont vu le jour dans les pays développés qu'à la fin des années 60, avec, en France, le démarrage du programme de développement de l'Aérotrain et, à partir de 1971, le lancement des Actions Thématiques Programmées intéressant l'automobile. Les financements publics étaient, jusqu'à cette date, presque exclusivement réservés aux programmes nucléaires et à l'aéro-spatiale, avec la forte implication militaire que l'on connaît. Il est intéressant, vingt ans après, de faire le point sur cette intervention de l'Etat, ses objectifs et ses résultats.

Il est parfois difficile de distinguer les recherches dont la finalité est socio-économique des recherches dont la finalité est industrielle, tout particulièrement dans les domaines intéressant les services à la collectivité parmi lesquelles il faut citer la santé, l'habitat, la protection de l'environnement et les transports. Il est d'usage de placer les transports urbains dans les finalités socio-économiques et les transports inter-urbains dans les finalités industrielles, pour des raisons liées à la rentabilité des services et à la possibilité pour les industriels de financer l'effort de R. et D.

1) Note: extrait de "Politique Industrielle" n°6 (hiver 1986)
et reproduit avec l'autorisation de cette revue.

Il s'agit tout au plus d'une dominante car l'amélioration de la sécurité et la lutte contre les nuisances ont une finalité socio-économique évidente qui concerne l'industrie automobile et le marché des métros et trams est loin d'être marginal pour l'industrie ferroviaire.

Les années 80 ont vu apparaître, avec force, une finalité, certes de nature industrielle mais directement liée à la mondialisation des marchés et à la surcapacité des moyens de production, à savoir : la compétitivité de notre industrie face à la concurrence, notamment japonaise. La crise qu'a connue et que connaît encore l'industrie automobile française, depuis le deuxième semestre de 1980, n'a fait qu'encourager les interventions publiques dans le domaine de la R. et D., déjà renforcées, à la suite du premier choc pétrolier de 1974. Mais, à un moment où le trop d'Etat est à l'ordre du jour, n'y a-t'il pas là mélange des genres et mauvaise utilisation des fonds publics ? Peut-on valablement accepter un recouvrement entre la politique industrielle et la politique de R. et D. ? C'est une question qu'il faut se poser dès l'instant que l'on sort de la seule finalité socio-économique.

Pour essayer d'y répondre avec un minimum d'objectivité, il faut à la fois faire appel à l'expérience et à la réflexion économique. L'expérience proviendra d'une vision restrospective de ces vingt dernières années et plus particulièrement des années 70 qui ont été vécues, principalement aux Etats-Unis, mais également en France avec l'Aérotrain, comme une agression par les industriels de l'automobile et du ferrovaire. A partir de là on tentera une réflexion sur le thème, nouveau en économie, des relations entre technologie et compétitivité. Il faut le faire avant de se lancer, peut-être trop aveuglément dans la "High Tech", en dehors de laquelle, il n'y aurait pour certains, point de salut.

Cela nous obligera à nous interroger sur la réalité d'une technologie des transports, et d'une recherche spécifique "amont", c'est à dire placée en amont des développements technologiques propres aux transports. A partir de cette réflexion, nous voilà mieux armés pour regarder d'un oeil neuf la politique de R. et D. menée dans l'industrie automobile et l'industrie ferroviaire. Il sera alors possible de conclure sur ce que pourrait être une politique européenne de R. et D. dans le domaine des industries du matériel de transport terrestre. Ces industries ont fait la preuve, dans le passé, de leur dynamisme et il importe d'éviter leur déclin, face à une concurrence redoutable du Japon et des Etats-Unis. Une politique adéquate de R. et D., avec contribution publique, peut y contribuer, à la condition cependant de bien la distinguer d'une politique industrielle, qui relève de la seule initiative des industriels. Il ne faut pas mélanger le secteur pré-compétitif et le domaine concurrentiel.

UNE VISION RETROSPECTIVE

Une situation très contrastée existe dans l'industrie des matériels de transport. Alors que l'industrie aéro-spatale dépend

intégralement des crédits publics pour le financement de son effort de R. et D., les industries automobiles et ferroviaires n'ont bénéficié d'interventions publiques qu'à partir de la fin des années 60, encore que ces interventions ont plutôt été vécues comme des agressions.

Agressions pour l'industrie automobile avec les programmes de véhicules expérimentaux de sécurité (ESV) lancés par la Direction de la Sécurité Routière des Etats-Unis (NHTSA), et les systèmes de propulsion peu polluants (LPPS) de la Direction de l'Environnement (EPA), programmes supportant un activisme réglementaire jugé excessif par les constructeurs d'automobile. Le Japon a fait preuve de zèle dans la coopération internationale initiée par les Etats-Unis et a démontré, avant les bénéficiaires américains des crédits de R. et D. (des outsiders devant les réticences des constructeurs) la faisabilité du Clean Air Act. Le programme ESV s'est assagi en devenant véhicules de recherche (RSV) puis en se transformant en conférences scientifiques périodiques. L'Europe a suivi cette évolution en aidant les constructeurs à développer leur effort de R. et D. dans les domaines de la lutte contre les nuisances et la sécurité passive des véhicules.

La coopération européenne est partie des travaux du C.D.S.M.: Comité des Défis des Sociétés Modernes de l'O.T.A.N. On citera notamment l'activité du Comité Européen des Véhicules Expérimentaux et la mise en place du Comité des Constructeurs du Marché Commun. En France, par exemple, des actions concertées (ATP), ont été lancées au cours des années 70 sur des thèmes intéressant la sécurité, la lutte contre les nuisances et les économies d'énergie. L'Etat subventionnait à 50% l'effort des constructeurs. Le total des contributions budgétaires s'est élevé à quelques dizaines de millions de francs pour des recherches situées en amont des développements technologiques

Ces chiffres sont modestes et bien en deçà du montant nécessaire à la réalisation des véhicules de synthèse, appelés aussi véhicules de démonstration ou développements technologiques probatoires. Les Etats-Unis ont donné l'exemple de telles opérations au début des années 70 et l'Europe plus tardivement avec le programme Auto 2000 en Allemagne et les véhicules de 3 litres en France. De tels programmes dépassent la centaine de millions de francs pour chacun des partenaires. L'intérêt pour les Etats de lancer de telles opérations dont les retombées commerciales ne sont pas immédiates reste controversé. Par contre, la contribution à la recherche amont a indiscutablement permis d'accélérer la mise en place de normes de protection i) des riverains contre les nuisances et ii) des passagers contre les chocs (mannequins anthropométriques et critères de blessures, toujours en discussion).

Agressions pour les exploitants de chemin de fer et les monopsones industriels nationaux (un seul client: la société de chemin de fer national) avec les programmes à suspensions non conventionnels engagés d'abord en Europe à la suite du lancement au début des années 60 en France du développement de l'Aérotrain. Les Etats-Unis ont pris le relai dans les années 70, essentiellement par une injection massive de crédits pour récupérer, au profit des transports urbains, le

potentiel de R. et D. disponible de l'industrie aérospatiale en crise. Le bilan de l'action de l'administration américaine a pu être présenté comme un échec complet dans la mesure où l'industrie aérospatiale américaine s'est complètement désengagée des transports terrestres et l'industrie traditionnelle, dans ce pays, s'en est trouvée déstabilisée. Cependant ces années "folles" ont débouché sur la conduite automatique des métros, la réhabilitation des transports de surface électriques, guidés ou non, et des autobus modernes répondant mieux aux attentes du public et bénéficiant d'un système d'aide électronique à l'exploitation.

Aus Etats-Unis, la crise du transport aérien de la fin des années 60 et du début des années 70 intervient après une période d'expansion considérable (doublement du trafic en 4 ans, de 1965 à 1969). Pour les autres modes, bus et trains, la crise est permanente depuis plus de vingt ans, avec une situation particulièrement aigue pour le rail. L'idée du transfert technologique s'est donc imposée dès l'achèvement du programme de débarquement sur la lune et la crise de la N.A.S.A. qui l'a suivi. Mais contrairement à ce que laissait espérer le haut niveau technologique de l'industrie aérospatiale, l'efficacité de ce secteur industriel comme moteur de l'innovation industrielle s'est révélé médiocre. Les Etats-Unis consacrait à la R et D aérospatiale plus du quart des dépenses totales de R et D industrielle et plus de la moitié des crédits publics de R et D industrielle pour un secteur ne représentant que 2,5% de la production industrielle. Il en est résulté une sorte de ghetto technologique, plus intégrateur de technologies que pôle de diffusion.

En terme de structure industrielle et de concurrence internationale, le "passage" des entreprises aérospatiales a été négatif pour l'industrie américaine de la construction ferroviaire, la forte augmentation des capacités de production en période de récession du marché ayant entraîné l'affaiblissement et la disparition de tous les producteurs, sauf Budd, le plus petit, et ayant permis la récupération par les fournisseurs étrangers de l'essentiel de la partie du marché qu'ils ne contrôlaient pas. La société canadienne Bombardier a installé une usine de montage dans le Vermont, et Boeing a passé un accord de sous-traitance et de montage pour du matériel roulant conçu et produit par Kawasaki.

Loin d'y avoir eu phénomène de reconquête du marché intérieur dans un secteur en crise par transfert de technologie d'un secteur de pointe, l'effet de concurrence interne en a précipité le déclin. Ce que Boeing n'avait pas totalement réalisé comme producteur d'avions commerciaux en marginalisant l'industrie du matériel ferroviaire américaine, du fait de l'expansion considérable prise par le transport aérien aux Etats-Unis (83% du trafic passager public inter-villes, contre 4,8% pour le rail en 1981), il l'a pratiquement achevé par son "touch and go" dans le secteur du rail, suivi de son accord avec Kawasaki.

Le lancement du programme T.C.E.: Technologie Croissance Emploi, après le sommet de Versailles et les réactions positives constatées, après le sommet de Milan, à la proposition française de lancement du

programme "Eureka", en réponse au programme américain I.D.S., montrent clairement que la "High.Tech.n'a rien perdu de son attrait. Certains y verront un moyen de maintenir le rêve dans une conjoncture particulièrement triste, d'autres émettront quelques réserves quant à la possibilité d'isoler la technologie de son contexte socio-économique, risque bien réel si l'on se retourne sur certains échecs passés.

Les succès obtenus soit au niveau du produit soit au niveau de la technique de production, montrent cependant que des gisements de productivité et d'amélioration de la qualité de services existent encore, même dans les industries jugées très mures comme l'industrie automobile. Ces succès tiennent à la fois à la technologie et à l'organisation; sans doute d'abord à une meilleure organisation supportée ensuite par une technologie adaptée à la nouvelle organisation. C'est vrai pour l'industrie automobile : les robots ont suivi le système "Kanban" (réapprovisionnement par commande par l'aval, avec réduction des stocks). C'est également vrai pour le T.G.V.: le matériel adapté a suivi la conception de lignes nouvelles à caractéristiques géométriques renouvelées.

TECHNOLOGIE ET COMPETITIVITE

Les recherches et études réalisées sur les stratégies de valorisation inter-sectorielle de la technologie sont très peu nombreuses. Différents travaux avaient été réalisés pendant les années 60 et 70 sur les retombées, transferts et effets d'entraînement des grands programmes "gloutons". Ces travaux avaient été initiés pour l'essentiel par l'administration américaine dans un but d'évaluation des dépenses publiques. Ils étaient très critiques sur les effets directs des grands programmes et sur l'aptitude des firmes en ayant bénéficié à en tirer un avantage sur d'autres marchés que la défense et la demande publique. En rupture avec cette approche en terme de retombées et d'impacts de grands programmes, une nouvelle demande est apparue au début des années 80, issue des analyses de stratégie des firmes aux Etats-unis, en Europe et au Japon et dans ce dernier pays, d'importantes recherches initiées par le M.I.T.I. sur l'impact industriel des nouvelles technologies ont été entreprises.

La dimension technologique était mal prise en compte dans la méthode du B.C.G.: Boston Consulting Group avec les critères dominants que sont la part de marché relative croisée avec le taux de croissance du marché. L'introduction depuis quelques années d'une troisième dimension "technologique" ne bouleverse pas au fond l'esprit de la méthode. Elle se limite à la vérification d'une maîtrise convenable des technologies dans les activités qui portent les espoirs de croissance. Les travaux américains récents sur les facteurs de compétitivité de l'entreprise ont, par ailleurs, tendance à s'orienter fortement vers les facteurs psychologiques et culturels avec mise en avant de la relation humaine et une analyse comme celle de T.Peters et R.Wakerman : "In search of excellence", a connu un énorme succès.

L'approche A.D.Little va plus loin en mettant en relation

position concurrentielle et position technologique. Elle s'appuie sur une typologie des technologies des firmes en trois catégories: i) technologies-clés qui déterminent la position concurrentielle tant au niveau des produits que des procédés; ii) technologies de base aisément appropriables et ne déterminant donc pas une position concurrentielle différentielle; iii) technologies émergentes susceptibles de modifier les bases futures de la concurrence mais qui n'en sont qu'au stade de l'expérimentation. Mais sans doute le rôle moteur dans ce type de réflexion a été joué au Japon par l'Institut de Recherche sur l'Industrie avec deux documents de base: "Développement des technologies de pointe et analyse de leur efficacité économique", Tokyo 1980, et "Rapport sur les nouvelles structures industrielles et leurs perspectives économiques à long terme", Tokyo 1983.

De même que le futur est le produit du hasard, de la nécessité et de la volonté; le progrès technologique est le résultat de la chance, du marché et de la coopération, cette dernière se situant entre la communauté scientifique et la concurrence économique. Pour reprendre la terminologie A.D. Little, les technologies-clés ne peuvent donner lieu qu'à des accords industriels dont l'initiative incombe aux firmes et que seule une procédure de type Eureka peut encourager. Le partage du know-how relève de la stratégie des firmes et toute intervention directe des Pouvoirs Publics est contestable.

Pour ce qui est des technologies de base, chaque Etat doit bien évidemment veiller à ce que ses industriels disposent du même environnement technologique que leurs concurrents des autres pays mais il ne s'agit pas là d'une politique sectorielle. Quant aux technologies émergentes à haut risque, elles peuvent donner lieu à incitation publique. Technologies-clés et technologies émergentes peuvent se comparer à la sève, qui est propre à la firme et au pollen qui ne produit des fruits qu'au contact avec d'autres. Deux domaines précis méritent une attention soutenue: les applications de l'électronique et la mise en oeuvre de nouveaux matériaux.

La montée de l'instabilité et de l'incertitude explique sans doute la prudence des entrepreneurs, qui ne parient plus sur un développement de leurs débouchés et s'efforcent au contraire d'économiser main d'oeuvre et autres facteurs de production. Il y a moins de risque à investir sur les techniques de production que sur les produits. Pour remédier à cette situation, il faut approfondir les réflexions sur la planification stratégique en avenir incertain. On ne peut préparer l'avenir en se limitant à réaliser des investissements dont le temps de retour ne dépasse pas deux ou trois ans.

A côté de l'investissement matériel, nécessaire à l'introduction des technologies les plus efficaces, il faut développer l'investissement immatériel, c'est à dire la recherche-développement, la formation, l'organisation du travail. L'introduction des nouvelles technologies dans l'entreprise doit s'accompagner de la mise en place d'une nouvelle organisation du travail plus souple, plus décentralisée, faisant davantage appel à l'initiative, la créativité et la qualification des salariés. C'est dans l'industrie du matériel de transport que le taylorisme a vu le jour, ce doit être dans

l'industrie des transports que cette nouvelle organisation du travail se mette en place. Il y va de la survie de cette industrie en Europe, le Japon ayant réussi cette mutation.

TECHNOLOGIE ET TRANSPORT

Une question se pose: y a-t-il une technologie propre aux transports, notamment terrestres ? L'industrie du matériel de transport terrestre ne fonctionne-t-elle pas comme une éponge ? L'exemple de la traction ferroviaire est là pour nous rappeler que le chemin de fer a suivi et non précédé l'évolution de la technologie des moteurs industriels alors que l'industrie aérospatiale a dû développer ses propres moteurs et que l'automobile a créé le moteur individuel qui a permis de privatiser le moyen de transport avant que l'ordinateur "domestique" ait libéré le traitement de données des grands systèmes. L'affectation de la machine à l'homme a toujours eu le même succès, face à une utilisation collective de moyens trop coûteux pour être individualisés.

Cette question est particulièrement pertinente lorsque l'on se situe au niveau de la recherche "amont", c'est à dire en amont de la conception du produit. Les recherches sur les matériaux, sur la combustion, sur l'électronique de traction, sont-elles des recherches "transport" ? Il ne s'agit pas d'un simple problème de sémantique car la réponse est directement liée à l'organisation de la recherche : recherche universitaire ou industrielle ? propriété industrielle ou non ? patrimoine commun ou rente technologique ? coopération ou concurrence ? La question se complique avec le rôle accru joué par les équipementiers dans les transferts technologiques et les sociétés de recherche-développement qui ne sont pas liées à une industrie.

Les Pouvoirs Publics ont toujours hésité entre une politique de recherche qui limiterait les crédits budgétaires aux seules recherches "amont": recherches de base et actions concertées sur les thèmes porteurs d'innovation ou l'intervention au niveau du produit que l'on désigne sous l'appellation de programme de démonstration, de "grand objet de recherche" ou de "produit technologique". La réponse est affaire de circonstances. L'intervention au niveau du produit a un effet mobilisateur, elle permet l'optimisation du système qui n'est pas la somme des composants optimisés. On lui reproche de relever de la "politique spectacle" et de s'écarter des contraintes du marché. Le "défi" peut certes fouetter le sang mais aussi provoquer des rejets de la part des "laissez pour compte", sources de nombreux gaspillages.

En limitant le sujet à la politique européenne de recherche, il est possible d'aller plus loin dans la réponse à de telles interrogations. Retenons des propos qui précèdent que l'Europe doit disposer d'un environnement scientifique et technologique qui lui permette de conserver sa compétitivité face aux Etats-unis et au Japon, que des réalisations dans le domaine des transports sont internationales par nature et certaines géographiquement liées à l'Europe, enfin que bien souvent le progrès technologique n'est possible qu'à partir de progrès dans l'organisation dont la dimension

européenne est souvent évidente. D'où trois voies d'approche: l'environnement, le transport international et l'organisation à l'échelle de l'Europe dont la réglementation technique est l'un des aspects.

Pour ce qui intéresse les transports, l'environnement scientifique et technologique repose sur les matériaux: légèreté, tenue à la température et à la fatigue, fabrication en grande série; l'électronique embarquée et de sécurité; les phénomènes de combustion de nature thermo-dynamique et la Mécanique. Des programmes intéressants ces différents domaines ont déjà été lancés. Il faut également citer l'utilisation des microprocesseurs en sécurité qui est un thème purement transport et le contact pneu-chaussée: bruit, résistance à l'avancement, usure et adhérence.

Dans le domaine du transport international et, nous limitant à la technologie, c'est au "T.G.V. européen" que nous ferons référence. La mise en place d'un réseau ferré à grande vitesse ne pourra se faire sur une base purement nationale après l'épuisement des lignes nouvelles "domestiques". Le rayon d'action peut être accru en jouant sur les trains de nuit et un cahier des charges européen s'impose, il sera la suite logique de l'aboutissement des projets: Paris-Bruxelles-Cologne et ouvrage fixe de la Manche. Un accord industriel s'impose qui relève de la logique Eureka.

Dans le domaine de l'organisation, nous retiendrons, le support scientifique à la réglementation technique: moteurs à mélange pauvre; évaluation technico-économique du Diesel sur le plan de l'environnement; méthodes de prévision de la pollution de l'air et du bruit aux abords des voies de circulation; poursuite des travaux sur la sécurité passive etc. Mais c'est sans doute dans le domaine des transports ferrés de marchandises qu'il y aurait le plus à faire. Le chemin de fer interurbain ne surviverait pas à un effondrement de son trafic marchandises or, la situation du trafic international ferroviaire (marché le plus porteur si l'on tient compte de l'évolution du potentiel transportable et de la dégressivité des coûts avec la distance pour la technique ferroviaire) est caricaturale de ce qu'il ne faut pas faire en matière de plans de transport, de tarifs et de passages des frontières. Une bonne organisation laisserait le champ libre au développement des transports combinés, des plateformes de fret et d'un réseau minimal à super-gabarit, amorce d'un T.G.V. "marchandises".

L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Pour ce qui concerne plus précisément l'industrie automobile, un programme européen pourrait se concentrer sur les concepts de base et encourager les recherches "amont" dont l'objectif serait l'encouragement des transferts technologiques et la prospection de nouvelles options utilisant les possibilités des nouveaux matériaux, de l'électronique et des nouvelles techniques de production. Une priorité serait accordée aux concepts susceptibles de déboucher sur une amélioration de la sécurité ou une diminution des nuisances. De

telles recherches sont à la portée d'équipes de recherche de taille modeste travaillant en milieu universitaire ou chez les équipementiers et fournisseurs de la construction automobile. Un soutien au moins financier des grands constructeurs en garantirait la crédibilité.

L'homogénéisation en Europe des caractéristiques ergonomiques des postes de pilotage présenterait un intérêt pour la sécurité et le confort dans un marché où les véhicules sont revendus plusieurs fois et les conducteurs utilisent un nombre croissant de véhicules. Il n'est pas bon notamment de laisser au marché et aux réflexes commerciaux le soin de la définition complète des planches de bord. Des recherches en coopération sur l'ergonomie de la conduite faciliterait cette harmonisation.

Parmi les moteurs propres envisageables, on peut citer les moteurs à allumage commandé, de cylindrée faible, moyenne ou forte, à taux de compression élevé ou normal, utilisant des mélanges semi-pauvres, pauvres ou stochométriques, sans ou avec système anti-pollution; des moteurs à allumage par compression Diesel à préchambre ou non, à injection directe avec catalyseur d'oxydation ou non et éventuellement piège à particules. De nombreuses options existent pour l'injection du combustible, la préparation de l'air avec ou sans suralimentation, l'allumage, la régulation avec ou sans sonde et les dispositifs catalytiques d'oxydation ou trifonctionnel.

La gestion de la chaleur sur les véhicules; le contrôle actif de la suspension, du bruit et des vibrations; la transmission de puissance; la production modulaire automatisée (réponse européenne au programme de la G.M. dénommé Saturn); le système multiplex de câblage; les générateurs et actionneurs électriques de demain; quelques thèmes parmi d'autres qui pourraient donner lieu à des recherches sans obligatoirement mobiliser des moyens d'études considérables. Il convient de se limiter aux recherches à entreprendre dans la phase de pré-développement, pour lesquelles une coopération est possible sans que les problèmes de propriété industrielle et de concurrence ne deviennent insolubles.

Il apparaît plus clairement que jamais que le progrès technique actuel favorise les voitures de haut de gamme dont le prix permet l'introduction de dispositifs économiseurs d'énergie ou dépolluants. Il serait cependant souhaitable de limiter les risques d'accroissement des inégalités sociales en développant les recherches destinées à réduire les coûts des voitures de gamme petite ou moyenne. Aux Etats Unis le coût d'une automobile a augmenté sur 15 ans d'environ 30%, essentiellement à la suite de la réglementation ou la généralisation de limitations de vitesse sévères devrait, à la longue, réduire l'intérêt de motorisations puissantes.

Il convient également d'élargir le champ de l'automatisation dans le domaine du montage. En effet, c'est dans les domaines du montage mécanique (trains avant et arrière, moteur...) et surtout du montage final après peinture de la caisse (garnissage intérieur, calandre, tableau de bord...) que les améliorations doivent être apportées car c'est dans ces deux opérations qu'est générée la

non-qualité. Des actions de grande ampleur visant à reconcevoir la totalité du véhicule afin d'atteindre ou d'approcher l'asymptote de l'automatisation totale du montage devront être entreprises. Ces actions doivent obéir à deux critères: la flexibilité pour répondre à une demande de plus en plus diversifiée et la modularité pour regrouper les pièces contribuant à une même fonction et faciliter les raccordements. L'automatisation intégrale implique la gestion optimisée des flux (pratique du "just in time" ou livraison à "flux tendu") et une meilleure association constructeurs - équipementiers - fournisseurs qui pourrait se traduire par des délocalisations pour regrouper dans un seul et même groupe de bâtiments l'ensemble de la production.

L'INDUSTRIE FERROVIAIRE

Le début des années 70 a été marqué par les succès technologiques rapides des divers véhicules français sur coussins d'air de la Société de l'Aérotrain et par l'impact inhabituel que ces résultats ont eu sur les Pouvoirs Publics français et la communauté scientifique et politique internationale. M.J.Bertin et son équipe, tous ingénieurs formés par l'Aéronautique, poursuivaient le développement de ces véhicules hybrides, mi-avions, mi-locomotives, propulsés par des moteurs d'avions (hélices ou réacteurs), circulant au sol, guidés sur des rails de béton dont ils évitaient le contact par l'intermédiaire de jets d'air émanant d'un système de "coussins" élastiques.

Trois idées forces soutenaient leur action: i) le système de sustentation à coussin d'air, très simple et très léger, se prêtait beaucoup mieux que le lourd essieu ferroviaire à l'augmentation des vitesses; ii) la répartition parfaite des charges permettait d'alléger le véhicule en conservant les techniques de construction de l'aéronautique; iii) la légèreté des véhicules, la répartition des charges et la quasi-absence de frottements étaient de nature à alléger la voie et à en simplifier l'entretien. En fait, un véhicule Aérotrain aménagé a transporté des milliers de visiteurs à plus de 400 km/h à partir de 1972, propulsé par une turbine avec hélice carénée. Le véhicule de 80 places n'atteignait pas 30 tonnes contre 400 tonnes pour une rame de 400 places du T.G.V. et la voie surélevée n'a pas subi d'agressions pendant les essais. A la suite de ce succès, des essais ont été entrepris en Allemagne (prototype KRAUSS-MAFFEI), en Angleterre et aux U.S.A. (prototype ROHR sous licence Aérotrain).

Les administrations ferroviaires ont accueilli les essais de l'Aérotrain avec scepticisme et beaucoup d'incompréhension; le changement technique était trop radical. Cependant les succès de l'Aérotrain avaient réveillé l'intérêt pour l'augmentation des vitesses. En France la S.N.C.F. et l'industrie ferroviaire ont réagi par la construction et les essais du T.G.V. 001 qui, propulsé lui aussi par des turbines à gaz, dépassait 300 km/h (318 km/h en 1972). La D.B. (Deutsch Bundesbahn) n'a pas réagi immédiatement et on peut en trouver une bonne raison dans le fait que pratiquement toute l'industrie ferroviaire allemande a été impliquée dans TRANSRAPID dont le coût, financé pour l'essentiel par des subventions du B.M.F.T.,

dépasse aujourd'hui le milliard de D.M.

Cependant le matériel ferrovaire n'a pas été abandonné en R.F.A. puisque le B.M.F.T. a financé des opérations coûteuses, tel le banc de Munich, le bogie composite de M.B.B. et la locomotive à traction asynchrone de HENSCHEL-B.B.C. L'I.C.E. apparaît comme l'assemblage technologique de composants performants sans que sa spécificité "système" soit affirmé. En Angleterre, le programme A.P.T. plus ambitieux (rames à inclinaison asservie) a subi de nombreux contretemps et peut être considéré actuellement comme "suspendu". Au Japon, le Shinkansen évolue lentement et développe son réseau avec une rentabilité d'autant plus remarquable qu'elle se situe à l'intérieur du déficit record des J.N.R.

Très tôt, il était apparu aux promoteurs de l'Aérotrain et aux Pouvoirs Publics que les propulseurs aéronautiques ne permettraient pas un développement correct du système et qu'il faudrait les remplacer par des moteurs linéaires. Des programmes de développement industriel de ces moteurs avaient été lancés en France (Société Merlin-Gérin), en R.F.A. (Société A.E.G. et SIEMENS), en Angleterre (Société BRUSH-ELECTRICAL et LINEAR-MOTOR) et aux U.S.A. (Société GARRET). Tous ces programmes concernaient un même type de moteur linéaire: asynchrone à stator court à double face, agissant de chaque côté d'une feuille d'aluminium fixé au sol. Aucune concertation n'avait présidé à ce "consensus" obtenu par le biais des communications universitaires habituelles et d'un certain conformisme.

Ces machines se sont révélées décevantes pour les grandes vitesses et ont été abandonnées par leurs promoteurs qui se sont retirés du secteur sur la pointe des pieds. L'absence de communications scientifiques sur les résultats d'essais décevants, comparée à la floraison d'articles antérieure doit être considérée comme un fait de notre société moderne, révélateur de l'horreur que lui inspire l'échec et de la primauté donnée par le politique à la recherche "spectacle" sur l'objectivité scientifique. Cette attitude explique le retard dans la mise au point d'un moteur linéaire opérationnel, pourtant techniquement et économiquement possible. Il semble hors de doute que la même situation au 19^{ème} siècle aurait conduit à une grande variété de solutions dont les meilleures se seraient développées rapidement.

Le premier "choc pétrolier" rendait en 1974 impérative la solution électrique pour un véhicule à 400 km/h au sol, nécessairement vorace en énergie. Le T.G.V. a pu, sans grandes difficultés, se convertir à la traction électrique mais, les mauvais résultats des premiers prototypes de moteurs linéaires ont conduit à l'abandon de la première application de l'Aérotrain (Cergy-La Défense) en 1974. En France, l'I.R.T. a pris un rôle actif en développant une méthodologie d'essais sur modèles réduits destinée à éviter d'associer les échecs techniques à des échecs financiers inavouables. Ce programme (1975) a permis d'aboutir aux essais satisfaisants (1979) d'un nouveau type de moteur linéaire à stator court de structure compacte s'insérant dans un rail en forme de U (licence ANVAR - GUIMBAL à la Sté CELDUC). Malheureusement, l'adaptation de ce moteur à l'Aérotrain nécessitait

encore de lourds développements aux résultats incertains et n'a pas, de ce fait, été entreprise.

En Allemagne, les mêmes réflexions avaient conduit à juger incompatibles les techniques du coussin d'air et du moteur linéaire et à lancer un vaste programme de développement, avec construction d'un polygone d'essais, de véhicules à coussins magnétiques propulsés par moteurs linéaires. L'argumentaire technique des promoteurs de l'Aérotrain était repris en bloc avec un bémol pour la légèreté, sacrifiée sur l'autel du tout-électrique. Dans le cadre du programme magnétique, deux filières ont d'abord été étudiées en parallèle: i) la filière E.D.S. avec aimants supra-conducteurs embarqués, développée à Erlangen par les électriciens SIEMENS et A.E.G., fut abandonnée en 1977; ii) la filière F.M.S. avec électro-aimants asservis, développée d'abord à Munich par M.B.B. et KRAUSS-MAFFEI (moteurs linéaires de A.E.G.) fut retenue et la principe de la construction d'un grand centre d'essais à 400 km/h décidé en 1977.

Le moteur à stator court de A.E.G. n'ayant pas donné de meilleurs résultats que les autres, le B.M.F.T. décidait, sous la pression d'universitaires et de la nécessité, de développer le centre d'essais et les nouveaux véhicules avec un moteur linéaire à stator long (partie active du moteur posée au sol tout le long de la voie) qui présentait moins d'aléas techniques malgré une plus grande complexité du système. Une association d'industriels était créée sous le nom de TRANSRAPID pour en assurer le développement: Stés M.B.B. + KRAUSS-MAFFEI + THYSSEN-HENSCHEL + SIEMENS + A.E.G. + B.B.C. + DYCKERHOF. Le site d'EMSLAND était choisi. On peut penser que l'abandon du moteur linéaire à stator court, pour un projet aussi irréversible que celui d'Emsland, en 1977, a été prématuré. A cette époque, le nouveau prototype français de moteur en U était en construction et une bonne coopération aurait associé les deux programmes. Il eût été bon de mêler la "sève" de l'industrie allemande avec le "pollen" de la recherche française.

Dans une R.F.A. couverte d'autoroutes, le déclin du trafic ferroviaire des voyageurs prenaient une allure aussi inquiétante qu'inéluctable et était mise à contribution par le B.M.F.T. en tête du discours socio-économique de soutien des technologies magnétiques. Pendant ce temps, le Ministère des Transports finançait la construction, par la D.B., de lignes nouvelles aptes à 300 km/h: Hanovre-Wurzburg, Stuttgart, Mannheim... La contradiction entre le discours du B.M.F.T. et la construction parallèle de lignes nouvelles ferroviaires très onéreuses a joué un rôle important dans l'attachement de la D.B. à la théorie du "trafic mixte" sur les lignes nouvelles (trafic voyageurs et marchandises), théorie qui complique beaucoup aussi bien les rapports franco-allemands que germano-allemands sur le sujet.

De plus les industries ferroviaires allemandes et françaises devaient faire face à d'importantes restructurations, lesquelles ne sont pas totalement achevées en France et dont le résultat sera le regroupement autour de deux groupes par pays des moyens industriels. Le partage des moyens de recherche et d'essais entre les industriels et

leur unique client national est différent en France, avec un rôle dominant de la S.N.C.F. et en Allemagne, avec un rôle dominant des industriels. Un montage type "Airbus" ne pouvait guère s'envisager avant l'achèvement de la restructuration de l'industrie de chaque côté du Rhin et d'une meilleure répartition de l'effort de R. et D. entre les réseaux et les industriels du ferroviaire. Des pourparlers sont en cours, espérons qu'ils déboucheront sur un montage industriel valable pour la construction d'un matériel européen.

Il faut mettre au passif de la coopération franco-allemande de n'avoir pas réussi, malgré quelques tentatives de la partie allemande - (proposant d'essayer un bogie à grande vitesse français sur le banc de Munich) - ou de la partie française - (proposant d'essayer des modèles réduits de bogies allemands sur la roue de Grenoble, ou de concerter une action sur les thyristors G.T.O.) - à établir de coopération sur le matériel ferroviaire. Cet échec traduit une situation de concurrence "perpétuelle", historique, excluant les notions de court ou de long terme où l'influence des réseaux est prépondérante et devant laquelle les groupes fédérateurs (tel le groupement 50 Hz) n'ont eu que peu d'impact.

On a pu argumenter contre la nécessité de réaliser un matériel européen de transport ferroviaire à grande vitesse, notamment en développant l'idée qu'une coopération au niveau des composants serait suffisante, voire qu'elle existerait déjà et même qu'un transfert de quai à quai entre des matériels différents, adaptés à des réseaux nationaux différents, serait satisfaisant pour l'échange des flux de passagers aux frontières. Certains arguments techniques, ayant trait à des différences sur les principes de pose des rails ou d'usinage des roues, aussi bien qu'aux différences des courants d'alimentation sont avancés comme preuves d'experts irréfutables. La logique de cette démarche est d'autant moins claire qu'aucun de ces arguments ne résisterait à une volonté commune de le transgresser. L'intérêt d'une coopération européenne, qui montrerait à l'extérieur les produits d'un développement cohérent, n'échappe cependant à personne.

Les sujets possibles de coopération scientifique et technique sont nombreux dans le domaine ferroviaire, ils portent sur les phénomènes fondamentaux liés au contact roue-rail, au contact pantographe-catenaire ou encore à la circulation à grande vitesse en tunnel. Il convient d'expérimenter et d'adapter de nouvelles technologies telles que motorisation synchrone ou freins à haute performance. Les développements correspondants sont à conduire de pair avec des évolutions sensibles au niveau de la captation, du confort, de l'acoustique et un recours accru aux dispositifs de commandes par microprocesseurs. A un horizon plus lointain, l'apport des matériaux nouveaux a été étudié dans le cadre de la démarche EUREKA. Ces premières réflexions ont, en particulier, permis de préciser tout l'impact qu'aurait un allègement substantiel des rames - 40% apparaît comme un objectif très ambitieux mais pas irréaliste à l'horizon de 10 ans - en terme d'accroissement de compétitivité, par exemple en permettant la conception de rames à étages, comme en terme de performances en autorisant une vitesse accrue avec un confort amélioré.

La coopération ne devrait pas se limiter au seul matériel à grande vitesse. Pour les transports guidés urbains et suburbains, il y a place pour un système de transport automatique à gabarit réduit et à moteur linéaire. La réduction de gabarit pour des lignes partiellement en tunnel est un enjeu important; elle peut être obtenue par la diminution du volume des organes de propulsion/freinage/sustentation, que l'on fasse appel à la sustentation magnétique ou à des petites roues orientables avec des caisses courtes, sans bogies. Les différents composants nécessaires à la réalisation d'un tel système ont déjà été développés en Europe qui concrétiserait ainsi un avantage qui est en train de lui être soufflé par l'Amérique du Nord et le Japon, moins avancés dans l'étude des composants mais plus ambitieux pour les systèmes.

CONCLUSION

Il est incontestable qu'il faut supprimer les rigidités qui empêchent de procéder aux adaptations structurelles longues, de se dégager des productions régressives pour s'engager dans les productions progressives. Mais faut-il pour autant identifier les moyens pour y parvenir avec les forces du marché qui sont les mieux à même de permettre une adaptation instantanée aux cycles de la conjoncture ? La poursuite de la construction européenne, en dépit de ses lenteurs et de ses difficultés, apparaît à ce titre comme un élément stratégique de première importance. Le taux de croissance d'un pays dépend, en effet, fortement de l'environnement international; la part des transports internationaux dans le volume global des transports ne fait que croître avec les "taux de pénétration" du commerce extérieur et il faut faire des choix concernant des équipements de très longue durée au premier rang desquels se situent les infrastructures de transport d'intérêt européen. Les réflexions sur la planification stratégique en avenir incertain, révèle une évidence : l'Europe peut être réducteur d'incertitude en planifiant les infrastructures d'échange et en partageant les risques de la R. et D.

En cela l'Europe fonctionnera comme une ruche, elle laissera à chaque plante sa sève pour qu'elle se développe dans la biosphère de l'économie de marché mais elle disséminera le pollen pour que les fleurs produisent des fruits et rassemblera le miel dans le cadre d'une infrastructure cohérente. L'investissement immatériel de la recherche-développement, de la formation et de l'organisation, notamment européenne doit, dans les transports comme dans les autres secteurs de l'économie, avoir le poids qu'il mérite c'est à dire le même que celui de l'investissement matériel. Une Europe à deux vitesses ne se conçoit pas or, chacun sait que les vitesses ne sont pas les mêmes sur nos autoroutes et sur nos lignes de chemin de fer. Certains pays croient y trouver un avantage du point de vue de la compétitivité de leur industrie nationale. Encore faudrait-il démontrer qu'il s'agit d'un jeu à somme nulle alors que tout laisse supposer que dans ce jeu, ce sont les nations européennes qui perdront face à la concurrence mondiale.