

Etudes de demande de trafic inter-régional en Amérique du Nord

M. Ben-Akiva
Massachusetts Institute of Technology
M. Whitmarsh
Bechtel

USA

Introduction

Nous examinons successivement, dans ce document, les diverses méthodes qui ont servi à estimer la demande des usagers des grandes lignes aux Etats-Unis au cours de ces vingt dernières années. Nous nous intéresserons ensuite plus particulièrement aux systèmes élaborés pour le couloir Nord-Est qui s'étend de la ville de Washington à Boston dans le Massachusetts. Il est montré que ces systèmes n'ont pas réussi à évaluer, avec un degré acceptable d'exactitude, la demande de service ferroviaire des usagers. Les causes potentielles de ces importantes surévaluations sont analysées. La conclusion centrale est que l'erreur provient pour une grande part de la structure des systèmes globaux qui ont été utilisés. En conséquence, nous terminons en recommandant que les études à venir sur la demande de circulation sur les grandes lignes soient fondées sur des données « dés-agrégées » et que soient mises en application des méthodes modernes d'élaboration de systèmes à choix discret.

I. Les divers systèmes employés

Un examen d'ensemble des systèmes élaborés aux Etats-Unis au cours de ces vingt dernières années a récemment été conduit par Koppelman et All (1984). Nous reprenons dans la bibliographie jointe les références qu'ils ont faites aux diverses études américaines. Il est clair qu'un grand nombre de systèmes ont été élaborés. Koppelman et All (1984) classent ces systèmes selon les groupes repris dans le schéma n° 1.

Les systèmes utilisés dans les études de prévision de la demande pour les trains à grande vitesse utilisent des modèles agrégés. Ils se divisent en deux grandes sous-catégories :

- les modèles de demande directe spécifiques selon les modes ;
- les systèmes séquentiels à deux étapes de la demande totale d'un couple de villes et partage modal.

Les systèmes du deuxième groupe sont ceux qu'on a le plus souvent utilisés lors des études américaines, sous une variété de formes.

De leur étude, Koppelman et All (1984) concluent que le développement de modèles agrégés a fourni une appréciation utile des relations à attendre sur les types de demande, les variables qui s'y rapportent, la valeur de la segmentation du marché, l'importance des déplacements induits, et l'importance d'une représentation correcte de la concurrence entre les modes. Les problèmes de ces modèles sont principalement attribuables au parti pris qui résulte de l'analyse des données globales, ainsi que l'utilisation de données venant de sources multiples, et à la définition floue de ce que sont les voyages « grandes lignes ».

Ils remarquent aussi qu'un des problèmes majeurs qui a gêné le développement des systèmes est le manque de données adéquates. En particulier, les données d'enquête sur les voyages « grandes lignes » fournies par les recensements des déplacements à l'échelle nationale manquent de précision géographique suffisante pour estimer correctement les temps d'accès au départ et à l'arrivée, et les coûts.

A cause du manque de données adéquates, plusieurs concepteurs de modèles agrégés de la demande de transport sur les grandes lignes ont été obligés de simplifier le travail de calibrage en imposant :

- des contraintes d'égalité (fondées sur des valeurs de paramètres provenant d'études antérieures) ou,
- des contraintes d'inégalité (généralement pour empêcher des signes incorrects) ou en se servant
- d'évaluation de Bayésiennes avec de forts a priori pour compenser la mauvaise qualité des données.

En outre, aucun de ces modèles n'a fait l'objet de sérieux tests de validation pour comparer prévisions et réalité des phénomènes. C'est ce que nous proposons d'effectuer ci-dessous.

II. Analyse des prévisions pour le couloir Nord-Est

Le projet d'amélioration du couloir Nord-Est (NECIP) a démarré en 1976 pour l'élaboration d'un service de train à grande vitesse entre la ville de Washington et Boston dans le Massachussets. Des améliorations de service ont été apportées : trajets plus courts (qualité de la voie, matériel nouveau), fréquence plus élevée. De nombreuses études de prévisions de trafic ont été effectuées sur ce couloir depuis les années 60. Nous en présenterons 3 : Aerospace (78-81), Peat-Matwick (75), Transmark (76).

Le premier modèle d'Aerospace prévoyait une fréquentation des lignes ferroviaires de l'ordre de 20 millions de voyageurs par an d'ici 1982. Cette estimation s'est avérée être excessivement élevée et l'Aerospace Corporation modifia la forme de son système ainsi que les données d'entrée. Le résultat de cette restructuration servit à appuyer un rapport d'évolution sur deux ans qui fut soumis au Congrès en 1978. Les prévisions pour 1982 furent réduites et évaluées entre 13 et 17 millions de voyageurs. La courbe 1 du schéma 2 montre la prévision modifiée.

En 1982, Aerospace diminue à nouveau ses prévisions, comme indiqué par la courbe 2 du schéma 2.

Malgré les diminutions répétées des prévisions, la fréquentation s'avéra être surestimée de 40 à 50 %, comme l'indique la projection de la fréquentation ferroviaire *réelle* au cours de l'année 1984 (schéma 2, courbe 3). Le désaccord entre les prévisions et les chiffres réels pour le couple New York/Washington est illustré par le tableau 1.

Les erreurs de prévision sont dues à plusieurs causes :

- les données : scénarios d'offre, connaissance inter-modale, prévisions de population et de croissance économique ;
- les modèles de déplacements : structure des modèles (sous la forme d'un produit), variables manquantes (régularité, temps d'accès).

En particulier,

Point 1 : Données d'entrée

Les prévisions du revenu médian pour le couloir Nord-Est : prévu à l'origine d'augmenter à un taux d'environ 1,5 % à 2,5 % par an, le revenu réel a en fait diminué au cours des huit dernières années.

Les prévisions de population : comme indiqué, les estimations revues et mises à jour démontrent que la population de l'Est des Etats-Unis est restée à peu près constante ; les premières prévisions ont été surévaluées d'environ 3 %.

Point 2 : Les modèles d'évaluation de la demande totale

En elles-mêmes, les différences relevées dans le point 1, qui varient entre 2 et 19 % environ, ne sont pas excessives. Le problème provient de la structure du système d'évaluation de la demande.

A cause de la forme de « produit » du système, les divers désaccords dans les données amplifient l'erreur. Ceci est brièvement souligné par le tableau 2. Le tableau 2 montre les données d'entrée « avant » et « après ».

Dans le schéma 4, on a incorporé dans le modèle de base les données d'origine et les données révisées, en considérant que les autres facteurs restaient constants.

Le point 3 du schéma 4 montre que les différences relevées à l'origine, qui s'étaient entre 2 et 19 %, ont été portées à 39 % à cause des propriétés du système.

Si l'exposant était abaissé (inférieur à 0,8), la tendance de la forme du système à amplifier les erreurs serait modifiée.

Nous croyons que tout système d'évaluation ayant une « forme de produit » doit être approché avec circonspection. A titre d'exemple, prenons le coefficient du système Aerospace de 0,8.

Considérons que la population de deux villes comparables augmente de 15 % sur une période donnée, et que le revenu réel par tête d'habitant augmente de 5 % dans chacune des deux villes pendant cette même période.

Selon le système considéré, le nombre des voyages grandes lignes entre les deux villes devrait augmenter de 35 % :

$$[(1,15) (1,05) (1,15) (1,05)]^{0,8} = 1,35$$

Ce qui veut dire que les voyages par tête d'habitant ont augmenté de :

$$\frac{1,35}{1,15} = 1,17 \text{ ou } 17 \%$$

La seule justification pour cette augmentation de 17 % de notre tendance à voyager est la hausse (présumée) de 5 % du revenu réel par tête d'habitant. Ceci suppose une élasticité des revenus d'environ 3, ce qui est déraisonnablement élevé.

III. Autres modèles de prévision pour le couloir Nord-Est

PMM (1975) et Transmark (1976) ont aussi effectué des estimations de la demande des usagers pour le projet du couloir Nord-Sud. Ils ont utilisé des systèmes à structure de produit et ont également grandement surévalué (plus encore que le système Aerospace) la demande en service ferroviaire dans ce couloir.

La structure des systèmes Aerospace, PMM et Transmark est très différente. Le système Transmark est un modèle sur (le produit et) la demande directe, qui prévoit le nombre de passagers entre des couples de gares ferroviaires. Le système PMM est constitué de modèles agrégés de type évaluation directe pour la demande totale, et de type logit pour la répartition modale. Le système de partage modal d'Aerospace est de loin le plus détaillé. C'est un système « désagrégé » mis en pratique selon une procédure élaborée d'énumération d'échantillon. La liste des caractéristiques des voyageurs du système du tableau 3 montre le degré de détail de ce système. (Les données pour cette simulation d'enquête proviennent du recensement des déplacements à l'échelle nationale de 1977). Par conséquent, ce système marque un progrès évident par rapport aux systèmes globaux avec partage modal. Malheureusement, la procédure spécifique de calibrage utilisée par Aerospace possède des propriétés statistiques inconnues. Une source d'erreur possible peut être par exemple les valeurs de temps prédéterminées, qui apparaissent plus élevées que celles utilisées dans d'autres systèmes.

Il est à remarquer que les systèmes employés pour le couloir Nord-Est ont été appliqués à plusieurs scénarios de niveau de service des chemins de fer et des moyens de transport concurrents.

L'analyse ci-dessus est fondée sur les prévisions les plus basses qui ressortent de ces scénarios avec des estimations raisonnables de l'évolution réelle des niveaux de service des modes (temps et coûts de transport) dans le couloir Nord-Est.

Perspectives

La démonstration ci-dessus met plus encore en valeur les recommandations de Koppelman et All (1984) et de nombreux autres chercheurs, c'est-à-dire l'adoption de méthodes « désagrégées » qui ont été appliquées avec succès pour l'étude prévisionnelle de la demande de transports urbains.

Ainsi que souligné au schéma 1, plusieurs chercheurs ont déjà tenté de faire une évaluation des systèmes « désagrégés » basés sur le choix de mode pour les transports « grandes lignes ». Morrison et Winston (1983) ont été les premiers à se servir du recensement des déplacements à l'échelle nationale de 1977 pour, en outre, calibrer un modèle de destination pour les voyages de vacances qui utilise une structure de type « logit emboîté », ainsi qu'une structure hiérarchique décrite dans le schéma 5. En ce qui concerne les voyages d'affaires, ils ont calibré un modèle de choix du mode de transport qui inclut également l'option de la location d'une voiture à l'arrivée. Leurs estimations de l'élasticité du choix de mode sont données dans le tableau 4. Ceci démontre l'importance de la commodité des horaires pour les hommes d'affaires et l'inélasticité de la demande en ce qui concerne le coût du voyage.

Ces modèles, ainsi que les modèles désagrégés qui ont été développés pour l'étude de la demande des usagers des grandes lignes dans d'autres parties du monde, ont démontré l'intérêt de cette approche pour améliorer grandement notre connaissance des comportements des passagers « grandes lignes ». Cependant, les progrès des techniques dans l'établissement des modèles ne peuvent se substituer à la nécessité d'enquêtes adéquates qui comportent la mesure précise des conditions d'accès au réseau de transport, ainsi que les heures d'arrivée et de départ souhaitées par les hommes d'affaires.

Tableau 1

Usagers ferroviaires/an				
Année	Couloir Nord-Est		Washington ↔ New York	
	Réel	Prévisions du modèle	Réel	Prévisions du modèle
1976	9,3			
1977	9,8		1,05	
1978		11,1		
1979	9,4	10,-	1,02	
1980	10,4	11,3	0,96	0,96
1981	9,3	13,-	0,78	
1982	9,2	14,7	0,89	
1983	9,2	16,5	0,84	
1984		18,2		
1985		20,-		1,98
1986		21,8		
1987		22,4		
1988		23,-		
1989		23,6		
1990		24,1		

Tableau 2. Exemple : voyages 1985 - de Washington à New York

	Taux de croissance annuelle réel	Facteurs de croissance appliqués pour le NECIP (1977 à 1985)		Valeur réelles ou informations mises à jour	
		Washington	New York	Washington	New York
Population de 1977/10 ⁶	0,7 % 0,2 %	2,91	16,37	2,91	16,37
Revenu médian de 1977/10 ³	1,8 % 1,7 %	19,05	15,82	19,05	15,82
Facteur de croissance pour la population.....	0,7 % 0,2 %	1,057	1,016	1,037	0,978
Facteur de croissance pour le revenu.....	1,8 % 1,7 %	1,53	1,144	≈ 0,96	≈ 0,96

Tableau 3. Exemple des caractéristiques de voyageurs, 1977
Voyageurs New York - Washington typiques

Caractéristiques	Exemple de valeurs	
Motif du voyage	<i>Affaires</i> (35 %)	<i>Non affaires</i> (65 %)
Ville du domicile	New York (50 %)	New York (50 %)
Venant de New York	Central Nassau County (1,9 %)	Central Nassau County (1,6 %)
Allant à Washington	Southwest DC (3,9 %)	Wheaton, MD (2,6 %)
Origine spécifique/Lieu de dest.	Centre de chaque zone	Centre de chaque zone
Revenus annuels	\$ 27.590 (50 %)	\$ 21.987 (50 %)
Nb de personnes voyageant ensemble	1 (47 %)	2 (32 %)
Durée du déplacement, jours	1 (37 %)	2 (29 %)
Voiture disponible	Oui (96,9 %)	Oui (92,7 %)
Heure de départ souhaitée	8 h (7,2 %)	13 h (6,5 %)
Conditions du voyage	Heures de pointe (37 %)	Heures creuses (70 %)
Eligibilité pour réductions de tarif		
Bus	Non (35 %)	Oui (50 %)
Air	Non (5 %)	Non (15 %)
Chemin de fer conventionnel	Non (20 %)	Oui (40 %)

Sources : Aerospace Corporation (1981).

Tableau 4. Elasticités de choix de mode pour les hommes d'affaires

Mode	Coût du voyage	Temps de voyage	Intervalle entre les départs
Rail	-,57	-1,67	-4,02
Bus	-,32	-1,50	-3,37
Air	-,18	-0,16	-0,21
Auto	-,70	-2,15	-

Source : Morrison et Winston (1983).

Schéma 1. Systèmes d'estimation de la demande de transport des usagers des grandes lignes américaines

Systèmes globaux de la demande sur les grandes lignes

Volume origine directe-destination-mode

Kraft-Sarc (1963)

Quandt et Baumol (1966)

Mayberry (1968)

Volume total origine-destination tous modes

Alcaly (1967)

Partage modal

Ellis et Alii (1971)

Bennett et Alii (1974) - Etude

Modèles séquentiels

McLynn & Woronka (1969)

Monsod (1969)

New York State Dot (Cohen et Alii, 1977, 1978)

Ohio High Speed Rail Study (PMM, 1979)

Aerospace Corporation (1977, 1978, 1979, 1981)

Demande directe à mode unique

Systèmes à gravité simple

Systèmes à gravité modifiée

Systèmes intrinsèquement linéaires (Transmark, 1976)

Systèmes globaux de la demande inter-régions

Eriksen et Alii (1976) - Mode aérien à équation unique

Eriksen et Alii (1978) - Mode aérien à équation simultanée

Systèmes globaux de la demande sur les grandes lignes régionales

Brown et Watkins (1968)

Lave (1972)

Liew & Liew (1979)

Kanafani (1980)

Systèmes fractionnés des transports grandes lignes

Systèmes avec choix de mode

Stopher et Prashker (1976)

Grayson (1981)

Stephanedes et Alii (1984)

Systèmes avec choix multi-dimensionnel

Morrisson et Winston (1983)

Sources : Koppelman et Alii (1984).

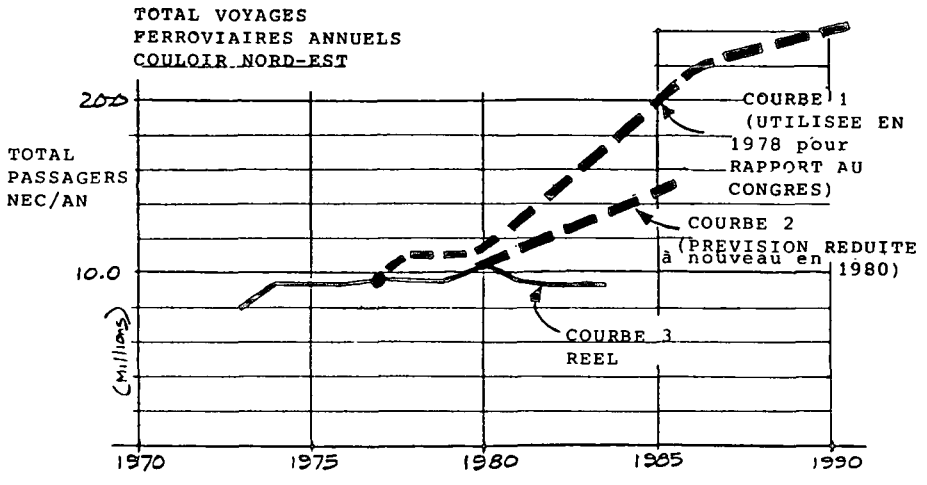


Schéma 2

Schéma 3. Structure du système de choix de Morrison et Winston (1983)

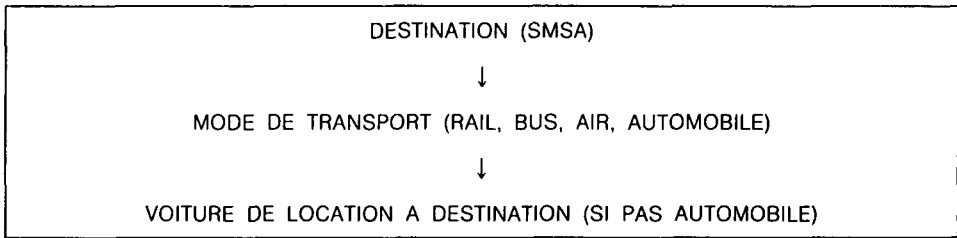


Schéma 4

1. Basée sur les premières données prévisionnelles pour le couloir Nord-Est

$$\begin{aligned} \text{Demande totale} &= K \left[\frac{\text{Population 75} \quad \text{Revenu 75}}{(2,91) (1,057) \times (19,05) (1,153)} \times \frac{(16,37) (1,016) \times (15,82) (1,1)}{\text{Washington} \quad \text{New york}} \right]^{0,8} \\ &= 2\,796 \text{ K} \end{aligned}$$

2. Basée sur les données de croissance réelle

$$\begin{aligned} \text{Demande totale} &= [K (2,91) (1,037) \times (19,05) (0,96) \times (16,37) (0,978) \times (15,82) (0,96)]^{0,8} \\ &= 2\,005 \text{ K} \end{aligned}$$

3. Erreur = $\frac{2\,796 \text{ K} - 2\,005 \text{ K}}{2\,005 \text{ K}} = 39 \%$

Expériences nationales – Composantes d'un modèle explicatif concernant les trains à grande vitesse dans les liaisons internationales

M. Zumkeller
*Socialdata Institut für Verkehrs
und Infrastrukturforschung*

RFA

I. Le problème (international)

Le train à grande vitesse a prouvé – au Japon depuis plusieurs années déjà avec le Shinkansen et, récemment, en France avec le TGV – qu'il modifiait si profondément les conditions générales du voyage qu'il menait non seulement à de considérables transferts entre les différents moyens de transport mais aussi à l'apparition notable de trafics induits. Il prend ainsi sa place dans la discussion internationale et soulève des questions auxquelles ne correspondent finalement que des expériences nationales. Si l'on cherche à déterminer en quoi le train à grande vitesse dans les liaisons internationales modifierait le marché des transports, on se trouve donc face à un problème qui, pour trois raisons, ne saurait trouver une solution satisfaisante en fonction des expériences nationales.

Premièrement, les corridors internationaux sont issus, en règle générale, de conditions historiques et géographiques très particulières et peuvent, de ce fait, donner lieu à un très large éventail de répercussions. Certaines données telles que l'arrière-plan socioculturel des nations concernées (la langue, par exemple), les effets-frontière en général, l'évolution politique à long terme, et d'autres, jouent ici un grand rôle.

Deuxièmement, il n'existe actuellement que très peu de marchés des transports, nationaux et localement définis, où il est possible de quantifier empiriquement les répercussions d'un train à grande vitesse. D'autre part, une analyse de données nationales concernant les transports tels qu'ils s'effectuent actuellement, c'est-à-dire tirées d'une réalité où une telle offre (les trains à grande vitesse) est inexistante, ne saurait mener au résultat voulu.

Troisièmement, la discussion entre experts à l'échelle internationale au sujets d'approches méthodiques appropriées à la prévision des répercussions, fait apparaître des conceptions divergentes quant aux modèles envisageables. La gamme va ici des mathématiques et des sciences naturelles appliquées par analogie aux principes du comportement, à la volonté de reproduire les comportements dans toute leur complexité, tels qu'ils ressortent des analyses

empiriques. Il est évident que, dans le cas de la première approche en particulier, un dilemme se pose chaque fois que des observations empiriques démontrent des types de comportement très différents selon les nations concernées. Une discussion au sujet du principe de comportement à adopter en un tel cas pourrait aisément constituer une entrave inutile au dialogue international.

Afin de concrétiser quelque peu ces trois problèmes fondamentaux liés aux questions internationales, nous relaterons d'abord, dans le chapitre qui suit, quelques expériences relatives au cas de la liaison Paris-Bruxelles-Cologne.

II. L'exemple Paris-Bruxelles-Cologne

A. Expériences nationales

Etant donné qu'au départ les situations de base divergeaient fort, nous verrons d'abord l'état des connaissances en France et en Allemagne.

1. Analyse rétrospective du cas du TGV Paris-Lyon

L'introduction du TGV Paris-Lyon a modifié de façon évidente et considérable le marché des transports à longue distance, sur cette ligne. Quelques données chiffrées significatives de ces modifications ont rapidement franchi les frontières françaises (ref. 3). Ces chiffres donnent lieu de croire que les modifications sont considérables, inattendues et prometteuses pour ce qui est des réflexions sur l'avenir.

Lors de l'interprétation des taux d'accroissement, il faut tenir compte du fait que le TGV a été introduit par étapes. On peut, jusqu'à présent, distinguer en gros, quatre temps (voir schéma 1) :

- la situation avant la mise en service du TGV,
- l'introduction de la première offre de transport en sept. 1981,
- l'introduction d'une offre élargie en sept. 1983,
- l'introduction d'une offre élargie, avec le nouveau tronçon, en mars 1984.

Des données fournies par la SNCF, on peut tirer certaines informations sur la deuxième étape. Elles concernent les répercussions du TGV sur la totalité du marché des transports à longue distance (tabl. 1). Il apparaît que le chemin de fer a nettement dépassé la voiture individuelle, en tête jusqu'alors, pour détenir désormais la plus grande part du marché (46,2 %). Il a atteint un taux de croissance global de 64 %. Cette croissance s'est faite essentiellement au détriment de la voiture individuelle et de l'avion. A cette observation des comportements, non limitée au seul mode de transport concerné, s'est ajoutée une série d'enquêtes dans les trains, visant essentiellement à saisir rétrospectivement les modifications de comportement dues au TGV (voir aussi chap. II D). On peut ainsi saisir rétrospectivement et dans des conditions *réelles* (bien que limitées à la France), des réactions intrapersonnelles à la « mesure TGV », c'est-à-dire à la mise en TGV de la liaison. Ces réactions pourraient par exemple être traduites immédiatement en termes de probabilités provisoires pour des projections (voir aussi chap. IV).

2. Analyse prospective en république fédérale d'Allemagne

Le chapitre précédent a déjà mis en évidence les points essentiels de divergence entre les expériences française et allemande. La différence fondamentale est que l'Allemagne ne dispose encore d'aucune expérience réelle quant aux modifications pouvant intervenir sur le marché des transports. Les évaluations des effets qu'aura la création de nouveaux tronçons seront donc de nature prospective.

Partant de là, le ministre fédéral des Transports (ref. 4) et la Deutsche Bundesbahn (ref. 5) ont effectué des analyses d'ordre empirique des effets que pourront avoir les mesures projetées. Ainsi la question fut-elle posée de savoir quelles modifications de comportement pourraient résulter d'une nette amélioration des temps de voyage en chemin de fer. Les améliorations graduelles suivantes furent prises comme hypothèses :

- degré A : amélioration de 20 % du temps de voyage en chemin de fer ;
- degré B : en plus de A, détérioration de 20 % du temps de voyage des voitures particulières ;
- degré C : détérioration de 40 % du seul temps de voyage des voitures particulières.

Les effets estimés de ces mesures apparaissent aux tabl. 2 et 3. Il est possible de comparer directement les résultats du tabl. 3 avec les modifications intervenues dans la répartition modèle des parts du marché sur le marché français des transports. Il apparaît dès lors que les conditions de départ, aussi bien que les modifications auxquelles on peut s'attendre, divergent nettement.

Nous nous trouvons donc au départ face à des expériences nationales très différentes. Ceci vaut, tant pour la structure actuelle du marché des transports que pour les modifications que pourra entraîner le train à grande vitesse. dans le cadre d'une discussion relative aux méthodes appropriées à l'estimation correcte des effets de projets appliqués aux liaisons internationales, il résulte de ce qui précède une première déduction importante qui, de façon simplifiée, peut s'exprimer comme suit :

Même dans des conditions de statu quo, la différence est grande, selon qu'il s'agit d'un Français se rendant en Allemagne ou d'un Allemand se rendant en France.

Cette problématique s'alourdit évidemment eu égard à la méthode, dans le cas de considérations sur l'avenir. Nous avons vu déjà qu'en Allemagne on appliquait, à l'estimation des effets possibles, des méthodes de pronostic empiriquement fondées (ref. 4), tandis qu'en France (ref. 11) c'est surtout l'analyse des expériences antérieures qui sert à l'étude des nouveaux tronçons.

Outre cet arrière-plan des (très différentes) expériences, la composition et la spécificité de la demande de transport dans le corridor considéré (voir chapitre suivant) jouent également bien sûr un très grand rôle dans l'estimation des effets des projets.

B. La demande dans des conditions de statu quo dans le corridor Paris-Bruxelles-Cologne

La comparaison des chiffres absolus de voyageurs, dans des conditions de statu quo, sur certaines liaisons du corridor nettement en évidence les différences qui existent, pour les liaisons nationales et internationales, entre catégories de voyageurs, motifs de transport, etc., tant au niveau des valeurs absolues que des pourcentages. L'analyse de la structure de la demande de transport est complétée par l'indication des effets-frontière et par la taille moyenne des groupes de voyageurs par groupe de motif. Cette comparaison permet les présomptions suivantes quant au potentiel respectif des différentes liaisons :

- Sur toutes les liaisons internationales, l'effet frontière apparaît surtout pour les voyages motivés par le travail, les études, les achats et les loisirs. On peut présumer que, si les effets-frontière disparaissaient, c'est surtout le trafic dû aux loisirs et aux achats qui augmenterait. Les déplacements dûs aux études et au travail constituent cependant des masses importantes de voyageurs sur les liaisons nationales.
- La liaison Cologne - Aix-la-Chapelle est un exemple de liaison présentant une forte similitude avec le trafic à courte distance. Elle doit donc être traitée d'une toute autre manière que les liaisons internationales. Ceci vaut évidemment aussi pour les liaisons à l'intérieur de la France.
- En ce qui concerne les liaisons entre les métropoles, il ressort que la présence d'importantes organisations internationales se reflète dans la structure des motifs de déplacement et dans les effets-frontière.
- La comparaison entre la liaison Aix-la-Chapelle - Bruxelles et la liaison Aix-la-Chapelle - Paris montre par exemple que les quantités de trafic entre l'Allemagne et Bruxelles représentent plutôt une sorte de « trafic frontalier ».
- Etant donné que dans le cas des motifs fréquents de déplacement que sont les loisirs et les vacances, la taille moyenne des groupes de voyageurs dépasse 2, l'argument de coût devrait être de grande importance quant aux transferts possibles, en cas d'offre dans ce corridor.
- Grâce à l'amélioration considérable des temps de transport, les voyages tant vers Bruxelles que vers Paris pourront se faire sans impliquer de nuit sur place. Il faut donc voir dans ce fait la base de gains substantiels dans le domaine des trafics induits, en ce qui concerne les motifs typiques de déplacement à courte distance pour ce qui est de Bruxelles, et les motifs typiques de déplacement à longue distance dans le cas de Paris.

C. Effets-frontière et arrière-plan socioculturel

Il est naturel que les valeurs enregistrées sur la demande de transport dans le corridor Paris-Bruxelles-Cologne soient très hétérogènes, puisqu'elles se composent de liaisons tant nationales qu'internationales. Afin d'éclairer quelque peu ce fait et de préciser les ordres de grandeur ainsi que les proportions, nous avons déterminé ce que nous appellerons des « valeurs normatives de la demande » pour des liaisons typiques. Ainsi on pourra comparer, pour une sélection de liaisons, les valeurs de statu quo aux valeurs escomptées moyennes, et faire ressortir de la sorte les effets-frontière des liaisons concernées (tabl. 4) (la méthode utilisée est présentée en détail à ref. 6).

Les effets-frontière estimés, pour les liaisons internationales par chemin de fer, vont de 20,0 (Cologne-Paris) à 1,6 (Paris-Bruxelles). Cela signifie concrètement que sur une liaison comparable (pour le potentiel d'habitants et la distance) de trafic à longue distance à l'intérieur des frontières allemandes, les quantités de trafic seront de 20,0 à 1,6 fois plus élevées. Il est intéressant de constater ici que les effets-frontière sont déjà nettement moindres entre la Belgique et l'Allemagne qu'entre la France et l'Allemagne et qu'ils sont réduits au facteur 1,6 sur la liaison Paris-Bruxelles.

Pour les transports routiers et aériens, on peut considérer que les effets-frontière vont de 3,0 à 10,0.

Le net écart entre les liaisons franco-belges et les liaisons franco-allemandes laisse présumer que l'arrière-plan socioculturel (langue, histoire, monnaie, routines de comportement en matière de transport, informations sur les lieux de destination, etc.) joue un aussi grand rôle que l'amélioration possible du temps de transport. Ceci transparait également, par exemple, dans le fait que les voyages en autocar (incluant un service individualisé !) ont pris beaucoup d'importance malgré des temps de voyage très longs.

Pour bien juger de ce phénomène, il convient non seulement de se demander dans quelle mesure des améliorations du temps de transport sur des liaisons internationales mèneraient elles aussi à une augmentation de la demande, mais aussi et surtout de déterminer par des méthodes adéquates dans quelle mesure les effets-frontière (d'origine socioculturelle) pourraient diminuer grâce au phénomène exceptionnel d'une liaison à grande vitesse. Le rôle que jouent ici, par exemple, les pronostics sur la disparition future des barrières des langues, est sans nul doute aussi important que celui d'une réduction maximale des temps de transport grâce à un programme optimal d'exploitation.

D. Trafic induit

A propos du trafic induit, il nous faut d'abord remarquer qu'il pose le problème le plus ardu quant à la méthode. Le fait qu'on ait pu en France, pratiquement pour la première fois, observer rétrospectivement et dans des conditions réelles les comportements de transport, ne permet malheureusement pas encore de conclure que nous disposons de résultats fiables à ce sujet. Les réserves à émettre quant à la méthode sont évidemment encore considérables ; elles sont cependant loin d'égaliser les problèmes qui se posent lors d'une approche prospective de la question (ref. 12).

Le tabl. 5 reproduit les résultats d'une enquête menée a posteriori, dans le TGV, sur ce sujet. Les questions considérées ici étaient les suivantes :

- Auriez-vous effectué ce voyage en train même s'il n'y avait pas eu le TGV ?
- S'il n'y avait pas eu le TGV, auriez-vous effectué ce voyage en voiture ?
- S'il n'y avait pas eu le TGV, auriez-vous pris l'avion ?

et enfin :

- Est-ce que vous n'auriez pas entrepris ce voyage s'il n'y avait pas eu le TGV (trafic induit) ?

Il convient cependant ici d'émettre une réserve. En effet, l'évolution dans le temps joue un grand rôle pour l'évaluation du trafic induit. Il faut donc attendre les résultats des étapes 2 et 3 (voir schéma 1). On a lieu de croire néanmoins que le trafic induit, mesuré selon ce procédé et dans les conditions données (ref. 13), est bien inférieur à ce que laissent espérer certaines études prospectives (ref. 8). Parallèlement, ce tableau met bien en évidence les transferts qui se sont produits entre les différents moyens de transport, par suite de la mise en service du TGV. La subdivision en 1^{re} et 2^e classe est très utile ici. D'après ce tableau, les voyageurs ayant choisi le TGV plutôt qu'un autre moyen de transport l'ont fait pour les 2/3 au détriment de l'avion et pour 1/3 au détriment de la voiture individuelle.

Ces résultats ne concordent pas, cependant, pour ce qui est des quantités, avec les modifications des parts de marché respectives des différents moyens de transport (voir tabl. 1) ; vu que les résultats de l'enquête effectuée dans le train surévaluent le transfert de voyageurs de l'avion vers le TGV, il est permis de supposer que la question, étant de nature hypothétique, a davantage rendu compte des désirs que des réalités.

III. Les modèles connus

Avant de tenter d'élaborer, à partir des données disponibles, un modèle adapté aux cas d'application à l'échelle internationale, nous évoquerons d'abord d'une manière générale le processus de la genèse du trafic ainsi que les bases théoriques des modèles existants pour la représentation de la demande de transport. Cette demande de transport est envisagée comme l'une des manifestations de la vie, suscitée par des besoins individuels dont la satisfaction implique des activités en d'autres lieux que le domicile de la personne. Le résultat de ce processus comporte un déplacement plus une série d'activités, le tout réparti sur un certain laps de temps, une semaine par exemple, et que l'on appelle « Aktivitätsmuster » (« activités-types »). Afin de représenter ce processus, on a élaboré et appliqué des modèles théoriques fort divers.

Les modèles agrégés, dits de la 1^{re} *génération*, utilisés communément au cours des années soixante et au début des années soixante-dix, se fondent essentiellement sur des analogies avec les sciences naturelles et la physique qu'ils appliquent à différents agrégats de population délimités de façon variable. En conséquence, on a déterminé, par des séries de données sur le comportement de la population et au moyen de techniques statistiques plus ou moins appropriées, les paramètres permettant de quantifier les analogies construites artificiellement, donc *inexistantes*, susmentionnées. Autre inconvénient : les agissements de l'individu, qui ne peuvent se comprendre que dans leur ensemble, se trouvaient fractionnés en parties indépendantes l'une de l'autre. Ceci eut pour conséquence que les effets, fort différenciés dans la réalité de certaines mesures, n'apparaissaient nullement dans les calculs établis en fonction du modèle. C'était le cas chaque fois que ces mesures s'appliquaient à des domaines de la vie qui ne pouvaient être représentés par les principes de comportement pris comme hypothèses.

Par la suite, et en fonction du processus individuel de prise de décision, est apparu le modèle dont le principe était la *maximisation de l'avantage subjectif* (2^e *génération*) et qui était considéré comme plus proche de la

réalité. En vertu de ce principe de comportement, tout voyageur, appartenant à une certaine catégorie de personnes, attribue un certain avantage J à chacune des alternatives mises à sa disposition et choisit enfin l'alternative qui lui semble la plus « profitable ». Les modèles fondés sur ce principe de comportement « subjectivement rationnel » sont appelés modèles « économétriques » ou « modèles de maximisation de bénéfice ».

Les modèles de maximisation de bénéfice supposent donc que tout individu prenne une décision en fonction du critère d'utilité et que cette prise de décision soit prévisible. Or il est prouvé que les individus n'agissent que rarement en considération de tous les faits importants et qu'ils ne maximisent pas les avantages dans le sens où ces modèles l'entendent.

On peut résumer comme suit les problèmes des modèles conventionnels :

– Le comportement en matière de transport est défini et représenté de telle façon qu'il corresponde à un principe de comportement admis et mathématiquement résoluble.

– Les principes de comportement utilisés se fondent sur des théories qui ne tiennent pas compte, en pratique, de la réalité du comportement en matière de transport.

– Les rapports de cause à effets dans le comportement en matière de transport sont représentés par des rapports d'ordre général et fonctionnel déduits de la théorie. Or les décisions individuelles, qui concourent à la réalisation de diverses activités-types, sont régies dans une large mesure par de tout autres mécanismes.

– Les modèles conventionnels ne sont pas en mesure de prendre en compte les limites individuelles de la connaissance et de l'information. Ainsi, ils font erreur en supposant que *toutes* les alternatives sont considérées en vue de la maximisation de bénéfice.

– La diversité et les variations observées dans la réalité du comportement en matière de transport ne peuvent être représentées par des modèles reposant sur la notion d'agrégat.

– Les modèles conventionnels ne rendent pas compte des relations que l'observation des activités-types met en évidence.

– Plus les principes théoriques du modèle s'éloignent des comportements réels, plus le calibrage de tels modèles devient sujet à caution.

– Les modèles conventionnels appliqués aux transports sont difficiles à saisir dans leur ensemble et ne sont guère compréhensibles que pour les experts. Ils utilisent en effet, en partie, des fonctions analytiques très compliquées ainsi que des algorithmes fonctionnels.

– Les modèles conventionnels sont insuffisamment sensibles puisque le comportement de transport y est réduit à quelques variables seulement. Il s'ensuit qu'ils ne peuvent témoigner des répercussions de certaines mesures où ont joué des facteurs déterminants du comportement qui n'y étaient pas inclus.

– Pour de nouvelles problématiques, les modèles conventionnels doivent être, en règle générale, entièrement revus. De plus, il faut parfois même réétalonner les paramètres du modèle lorsque des remaniements sont rendus nécessaires en fonction d'une problématique modifiée.

Récemment, de grands efforts ont été faits en vue de compenser, dans la mesure du possible, les faiblesses susmentionnées. Les modèles élaborés dans cet esprit sont connus sous le nom de modèles de comportement individuel parce qu'ils confèrent au comportement individuel en matière de transport un rôle beaucoup plus central dans le processus de représentation. Nous présentons au chapitre suivant un modèle représentant cette tendance. Les résultats obtenus grâce à ce modèle appliqué au cas Paris-Bruxelles-Cologne, sur les liaisons internationales (voir chap. II), ont été pris en compte.

IV. Un modèle de comportement individuel pour les trains à grande vitesse internationaux

A. Éléments conceptuels de base

Avant de présenter au chap. IV B le modèle ainsi conçu, nous en montrerons d'abord quelques éléments de base qui sont les suivants :

- l'approche orientée sur le comportement individuel (1)
- la technique de simulation indispensable à la réalisation (2) et
- le degré de différenciation de l'output (« Wegeband ») (3).

Etant donné les différences fondamentales entre ce modèle et ceux présentés au chap. III, il est nécessaire d'expliquer ces points.

1. L'approche orientée sur le comportement individuel

Le fait que l'individu reste en permanence l'élément de base (indivisible) du processus de planification est une condition indispensable de la représentation par un modèle du comportement en matière de transport. Ceci n'exclut pas, évidemment, que l'on puisse, à chaque niveau du processus d'élaboration, opérer des agrégations, si ces agrégations ne sont pas utilisées pour les évaluations suivant mais servent à vérifier la validité des résultats. Le principe est donc de procéder le plus longtemps possible à l'observation des unités (les individus), étant donné que les agrégations, une fois constituées, ne peuvent plus être décomposées en leurs éléments de base. Dans ce sens, la notion de désagrégation peut induire en erreur.

2. La technique de simulation

Le procédé de Monte Carlo constitue l'outil mathématique du modèle décrit plus loin. Il s'agit d'une méthode permettant d'apporter à certains problèmes une solution numérique, au moyen de méthodes statistiques. Grâce au caractère « stochastique » de ce processus, il devient possible d'intégrer au processus d'élaboration du modèle, la variété que l'on peut observer dans le comportement réel en matière de transport.

3. Output

La principale sortie d'une modélisation faite par simulation est ce qu'on appelle le « Wegeband ». En simplifiant, on peut dire qu'il s'agit d'un ensemble de données obtenues par simulation, et qui comporte, pour chaque ménage et chaque personne, tous les éléments caractéristiques simulés. Par

analogie à une enquête auprès des ménages, on pourrait dire (bien qu'il s'agisse là, en principe, d'une simplification abusive) que l'output de la modélisation par simulation correspond aux questions et aux réponses du questionnaire présenté aux ménages ou aux personnes lors d'une enquête. La comparaison est abusive pour les raisons suivantes :

- les éléments significatifs d'une enquête ne sont pas *tous* simulés,
- en ce qui concerne les éléments significatifs eux-mêmes, il n'y a pas interrogation mais simulation.

A l'inverse, la démarche de simulation « Wegebund » présente l'avantage de permettre de constituer et de tester des échantillons beaucoup plus importants que ne le fait l'approche empirique.

B. Le modèle

Le modèle présenté ici se subdivise, pour l'essentiel, en trois sous-modèles :

1. le modèle « ménages »
2. le modèle « individuel »
3. le modèle « mesure-transport ».

L'utilisation de ces sous-modèles comme instrument de planification donne différents états de la planification, déterminés chacun par les données entrées. Ces états de la planification sont en règle générale les suivants :

- a. une description de la situation (a, b, avec input de statu quo)
- b. une modification des conditions environnantes (par ex. évolution démographique, changement concernant les moyens de transport concurrents, etc.) (a, b, avec inputs en fonction des conditions environnantes)
- c. évaluation des répercussions des mesures sur la base de A ou B (c avec l'output de a et b comme input, par ex. répercussions d'un train à grande vitesse).

1. Le modèle « ménages »

Ce modèle commence par la production de types de ménages. Pour ce faire, on détermine :

- les caractéristiques démographiques des membres du ménage
- l'utilisation des moyens de transport disponibles
- les passagers liés au ménage
- les membres non-mobiles du ménage
- les types d'activité des membres mobiles du ménage.

Une description détaillée se trouve dans la référence 10). L'output donne les membres du ménage qui révèlent certaines habitudes d'utilisation le « jour de la simulation ». Ces catégories d'utilisateurs constituent l'input du modèle « individuel ».

Compte tenu du fait que, ainsi que nous l'avons déjà constaté au début, les types de comportement peuvent être fort différents d'un pays à l'autre, que, de plus, la composition des ménages ainsi que les conditions environnantes en matière de transport diffèrent également, il devient possible, en

raison de la structure du modèle présenté, d'intégrer au processus du modèle, les paramètres de comportement mesurés dans les pays concernés. Ceci signifie concrètement qu'on ne part pas de principes de comportement généralement supposés et invérifiables à l'échelle internationale, mais qu'on utilise au contraire les types de comportement empiriquement constatés dans chacun des pays. Le fait que, dans le cas des transports à longue distance, toutes les décisions essentielles concernant l'organisation du voyage soient prises par l'utilisateur à son domicile constitue un atout pour ce type d'approche.

2. Le modèle « individuel »

Cette partie du modèle de simulation repose sur l'hypothèse formelle que le comportement des individus atteint un haut degré d'homogénéité lorsque ces individus sont regroupés en fonction des conditions environnantes du ménage (caractéristiques démographiques et accès aux ressources du ménage). Cela signifie concrètement qu'à chaque individu simulé correspondent déjà :

- des caractéristiques démographiques
- certaines habitudes d'utilisateur
- certains types d'activité.

Les possibilités d'actions alternatives restant aux individus se trouvent, de ce fait, déjà fortement limitées. C'est-à-dire que le modèle « ménages » impose des contraintes (par ex. un membre du ménage qui n'a pas accès à la voiture a seulement le choix entre le chemin de fer et l'avion) qui ne laissent à la simulation appliquée aux personnes qu'un nombre réduit d'options.

Nous renonçons ici à une explication détaillée en raison du nombre de détails possibles et eu égard à la description d'autres cas d'application (réf. 10).

3. La prise en compte des répercussions des mesures

L'évaluation des répercussions des mesures peut par principe se subdiviser en deux groupes. Si la mesure consiste en une intervention qui, qualitativement, diffère peu des conditions existantes, il est possible, par principe, d'établir des analogies en partant du comportement observé en statu quo. Cependant, si la mesure marque une nette différence qualitative avec les conditions existantes, l'utilisation des seules données du statu quo ne présente pas de grand intérêt, puisque la mesure en question n'existe pas au sein du système observé.

En appliquant cette réflexion de base à la problématique des trains à grande vitesse dans des corridors internationaux on se rend compte de suite que l'utilisation par analogie d'un algorithme de modèle calibré au moyen de données de statu quo, ne saurait mener au but voulu dans ce cas précis. Il convient donc de rechercher les conditions globales dans lesquelles on pourrait observer les modifications de comportement provoquées par les mesures nouvelles sur les transports. L'application de cette problématique au corridor Paris-Bruxelles-Cologne, par exemple, fait apparaître le fait relativement favorable que la France et l'Allemagne disposent déjà d'informations obtenues par des moyens très différents et qui tiennent compte des circonstances nationales particulières (voir chap. II A1 et II A2). Ces sources

d'information permettent assez facilement de déduire ce qu'on appelle des probabilités de transition, qui rendent possible une évaluation des répercussions des mesures, malgré la complexité de la problématique.

Nous renonçons ici aussi à une description détaillée de l'algorithme utilisé eu égard aux descriptions plus détaillées qu'en font des publications récentes (réf. 11).

L'une des caractéristiques essentielles du modèle est que, grâce à l'utilisation de probabilités de transition, tout voyage individuel simulé est connu, aussi bien en cas d'absence de mesure nouvelle que dans le cadre d'une situation incluant une mesure, et que, par conséquent, les modifications intervenues sur le marché des transports peuvent être évaluées de façon consistante (réf. 13).

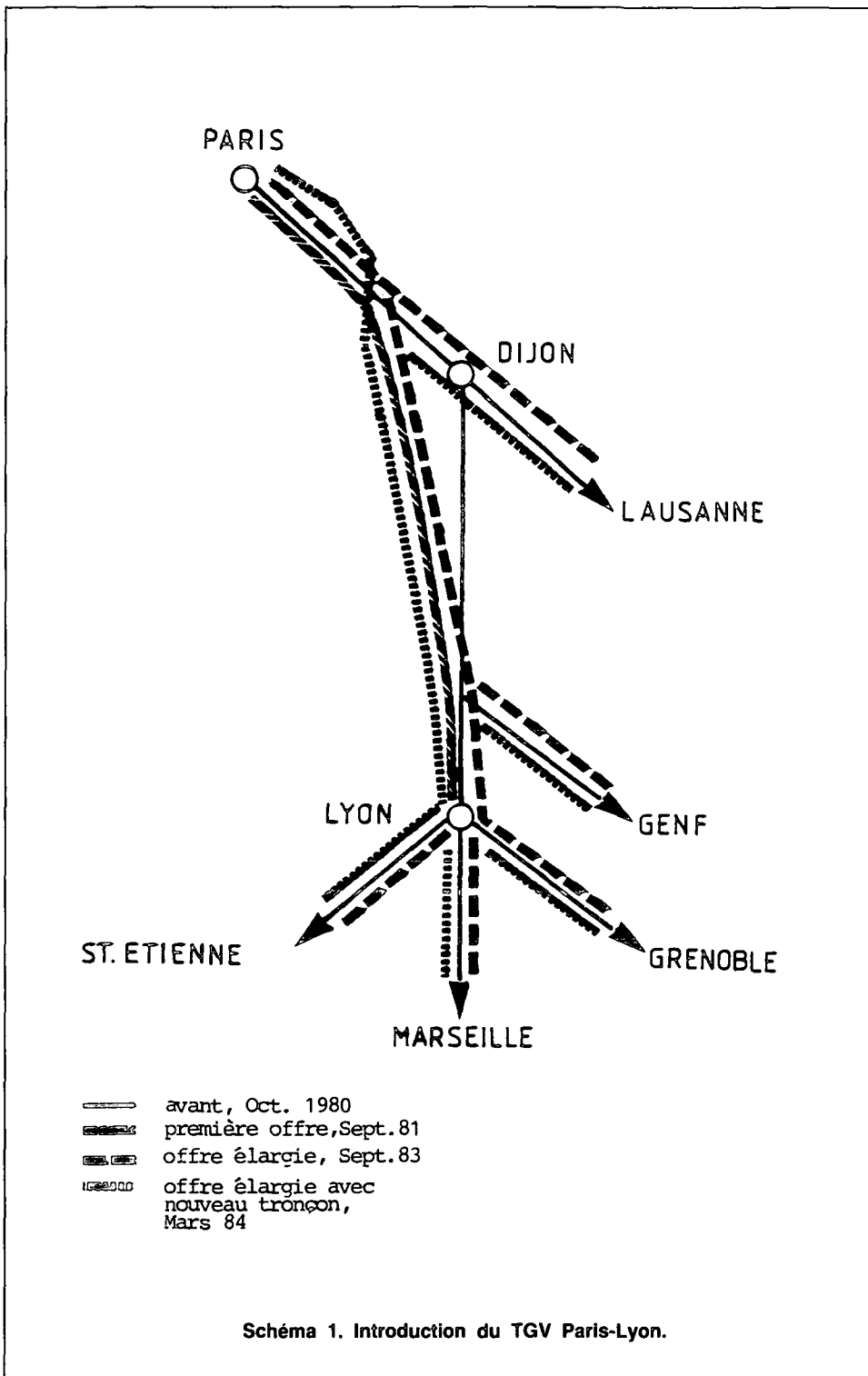
V. Aspects concernant l'application dans le contexte international

Il va de soi que les solutions proposées à la problématique posée à l'échelle internationale ne pourront aboutir à des progrès notables que si l'on s'efforce, tant au niveau de la méthode qu'à celui des institutions, de trouver un mode de coopération qui impliquerait que la problématique soit considérée avec le recul nécessaire par rapport au contexte national. Cela signifie que la relativité et la spécificité des différents points de vue nationaux doivent pouvoir être mises en évidence. Ceci ne sera possible que si les résultats des évaluations obtenues grâce au modèle peuvent être ventilés en fonction des points de vue nationaux d'une part, internationaux d'autre part. Ceci est possible à condition que le modèle soit conçu de façon à faire une juste place aux particularités, telles qu'elles se révèlent à travers les comportements des nations concernées, dans la mesure de la participation de celles-ci à l'ensemble du projet. Susciter une telle coopération était ici notre objet.

Références

1. Wermuth, M. : Modellkonzepte der Verkehrsnachfrage, Heft 22, Hochschule der Bundeswehr, München 1984.
2. Zumkeller, D., Brög, W. : Reflections on Recent Approaches to the Formation of Scientific Traffic Models, in : *Eristics* 305, March/April 1984.
3. SNCF-Informationen Nr. 185, Dezember 1982, Hrsg. : Generalvertretung der französischen Eisenbahnen.
4. Socialdata GmbH : Marktanalyse des Verhaltens im Personenfernverkehr, im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bonn 1980.
5. Socialdata GmbH : Auswirkungen neuer Angebote im Schienenpersonenfernverkehr, im Auftrag der Deutschen Bundesbahn, 1984.
6. Socialdata GmbH : Situationsanalyse des Personenfernverkehrs im Korridor Paris-Brüssel-Köln, im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, 1984.
7. OECD in Zusammenarbeit mit CEMT und EG : Die Zukunft des europäischen Personenverkehrs (Aktion 33), Paris 1977.
8. Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Elektromagnetisches Schnellbahnsystem im Korridor Frankfurt-Paris, Bonn 1980.
9. Kutter, E. : Demographische Determinanten städtischen Personenverkehrs, Institut für Stadtbauwesen der Tu-Braunschweig, Heft 9, 1972.
10. Zumkeller, D. : Are persons or households the basis unit of travel demand simulation ? – the concept of a hybrid model – PTRC Summer Annual Meeting 1983 und Die Anwendung verhaltensorientierter Modelle bei unterschiedlichen Aufgabestellungen. DVWG-Schriftenreihe B 57 April 1981.

11. Brög, W., Zumkeller, D. : An individual behavioural model based on the situational approach (Sindividual), Conference « World Conference on Transport Research », 1983.
12. Mireille Muller : Les Effets du TGV, PTRC Summer Annual Meeting 1984.
13. Zumkeller, D. : Le problème de la comparaison interrégionale concernant les investissements du transport public – la nouvelle « directive d'évaluation standardisée de la RFA – Colloque International, sept. 1984, Lyon.



- avant, Oct. 1980
- - - première offre, Sept. 81
- ▨ offre élargie, Sept. 83
- ⋯ offre élargie avec nouveau tronçon, Mars 84

Schéma 1. Introduction du TGV Paris-Lyon.

Tableau 1. Répartition modale des parts de marché selon les moyens de transport à longue distance (prestation)

Moyen de transport	France, Paris - Lyon			Allemagne
	Avant la mise en service	Après la mise en service	Modification	Répartition modale
Avion	21,1	13,6	0,64	18,9
Voiture	49,9	39,4	0,79	70,3
Autocar	0,8	0,8	1,00	(?)
Train classique.....	28,2	16,5	} 46,2	10,8
TGV.....		29,7		

Tableau 2. Impact d'amélioration du temps de voyage (voyages)

Voyages interurbains privés					
Moyen de transport	Base (1975) %	Degré A %	Modification	Degré B %	Modification
Voiture	83,2	82,6	÷ 1 %	80,6	÷ 3 %
Train	9,5	10,1	+ 6 %	11,3	+ 19 %
Avion	2,9	2,9	± 0 %	2,9	± 0 %
Trafic « déduit »	-	-	-	0,8	÷ 1 %
(autres).....	(4,4)	(4,4)		(4,4)	
Total	100,0	100,0		100,0	

Tableau 3. Répartition modale

Moyen de transport	Base (1979) (100) %	Degré A (99) %	Degré B (99) %	Degré C (91) %
Voiture	83,2	82,6	81,3	79,1
Train	9,5	10,1	11,4	12,4
Avion	2,9	2,9	2,9	3,7
(autres).....	(4,4)	(4,4)	(4,4)	(4,8)
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Tableau 4. Effets-frontière

Liaisons différentes	1 000 voyageurs statu quo 1982			Effet-frontière		
	Route	Train	Avion	Route	Train	Avion
Aix-la-Chapelle – Cologne.....	12 700	635	–	–	–	–
Cologne-Bruxelles.....	1 800	122	1	5,0	10,0	–
Cologne-Paris	350	78	28	20,0	17,0	12,0
Paris-Bruxelles.....	(?)	1 230	(?)	(?)	1,6	(?)
Paris-Lille	(?)	2 242	(?)	–	–	–

Tableau 5. Trafic induit

Etapas de la mise en service du TGV	Trafic induit									
	Répartition des passagers du TGV selon la façon dont ils auraient effectué le voyage (pendant lequel l'enquête a été faite) s'il n'y avait pas eu le TGV									
	Train		Voiture		Avion		Pas du tout		Pas de réponse	
	1 km	2 km	1 km	2 km	1 km	2 km	1 km	2 km	1 km	2 km
Liaison : Paris - Lyon										
Première offre Vague 1	49	71	8	12	41	14	-	-	2	3
Première offre Vague 2	48	69	8	9	37	13	5	6	2	2
Première offre Vague 3	47	69	8	12	42	13	2	5	1	2
Première offre Vague 4	47	69	9	11	38	12	4	6	2	2
Première offre Vague 5	50	69	9	10	35	11	5	8	1	2
Première offre Vague 6	46	56	7	10	41	13	4	9	2	2
Première offre Vague 7	51	74	9	9	33	10	5	4	1	4
Première offre Vague 8	44	69	9	11	42	13	2	5	2	2
Total première offre Vague 1	48	68	8	10	39	12	3	5	2	2
Offre élargie Vague 1	43	66	8	11	44	14	3	6	2	3
Liaison : Lyon - Paris										
Première offre Vague 1	49	70	9	12	40	15	-	-	2	3
Première offre Vague 2	47	67	8	10	38	14	5	7	2	2
Première offre Vague 3	46	69	8	12	42	13	3	5	1	1
Première offre Vague 4	50	70	9	11	36	12	4	4	1	2
Première offre Vague 5	46	68	10	11	38	11	5	8	2	2
Première offre Vague 6	45	66	7	10	42	12	4	9	2	2
Première offre Vague 7	49	73	8	10	37	11	4	3	1	3
Première offre Vague 8	43	69	9	11	42	14	4	5	2	2
Total première offre Vague 1	47	69	8	11	39	13	4	5	2	2
Offre élargie Vague 1	42	67	10	11	44	14	3	5	1	3

Introduction

Depuis à peu près le début du siècle passé, on peut observer un développement extraordinairement impétueux de la demande de prestations de service dans les transports. Ceci est une conséquence de l'industrialisation ainsi que de l'offre de nouveaux modes de transport à partir desquels, parfois, des mutations en profondeur de l'économie devinrent possibles. L'augmentation régulière du niveau de vie transforma les modes de vie et les comportements ; des moyens de transport plus rapides et meilleurs firent naître l'attrait de pouvoir connaître d'autres régions, de faire des affaires avec des partenaires encore plus éloignés, capables de proposer, par exemple, des marchandises moins chères que dans sa propre région.

Aussi, la division de plus en plus poussée du travail dans l'économie, la concentration des populations dans des zones d'agglomération urbaines allant de pair avec une désertification des zones rurales, le besoin de repos et de loisirs que ressent l'homme subissant le stress quotidien de sa vie professionnelle, ainsi qu'en évolution parallèle, l'amélioration de l'offre par l'émergence du chemin de fer, de l'automobile et de l'avion, sont à considérer comme les causes majeures de cette énorme croissance de la demande.

Tous ces développements trouvent leur reflet dans l'augmentation des distances parcourues annuellement par habitant avec des moyens de transports, en fonction du temps. Dans le passé les taux de croissance atteignent 5 et 8 % l'an en règle générale.

Les évolutions, telles qu'elles viennent d'être signalées, valent en premier lieu à l'échelle nationale, car, jadis, il n'existait que très peu de relations franchissant les frontières des divers pays. Le développement des différents systèmes de transport, et en particulier du chemin de fer, démontre que les préoccupations occupant le devant de la scène restaient à l'échelle de la Nation-Etat et qu'au début les liaisons au-delà des frontières n'étaient pas considérées. Aujourd'hui encore, les résultats de certaines analyses montrent que les frontières existantes en Europe provoquent une réduction de la demande de transport par comparaison avec des liaisons à l'échelle nationale.

Cela signifie que les flux de trafic entre deux agglomérations d'un même ordre de grandeur et d'une même puissance d'attraction seront sensiblement plus importants au sein d'un cadre national qu'au niveau international, c'est-à-dire si une frontière d'Etat sépare les deux agglomérations.

I. L'énoncé théorique

On peut qualifier le rapport du trafic national par rapport au trafic international, tel qu'il en a été question plus haut, de « facteur-limite d'inhibition » ou de « facteur-limite » qui subit l'influence de toute une série de paramètres, tels que la topographie, la structure de l'économie, la civilisation, la langue, le réseau de communication, la politique réglementaire et autres, dont l'importance varie d'une frontière à l'autre et suivant le but du voyage.

Admettons que A_{N1} et B_{N1} soient deux agglomérations dans le pays $N1$ avec un flux de trafic V_{AB} et par ailleurs C_{N1} et D_{N2} un autre couple d'agglomérations dont les caractéristiques en matière de transports sont les mêmes et la distance entre elles identique à ce qui existe pour le premier couple, simplement avec une frontière entre elles, et nous trouverons alors que :

$$V_{CD} = \frac{1}{G_{N1/N2}} V_{AB}$$

où $G_{N1/N2}$ représente le facteur-limite d'inhibition entre les liaisons AB et CD comparées entre elles. Il conviendrait de faire entrer dans l'estimation des facteurs-limite à titre de caractéristiques significatives des transports des éléments tels que la population, le Produit National Brut (PNB), le revenu disponible, l'offre culturelle, l'offre pour les congrès annuels et autres paramètres similaires.

Pour des motifs différents de voyage que seront les voyages d'affaires et de service, les voyages de vacances et les déplacements privés de courte durée, les caractéristiques les déterminant seront différentes suivant les relations de dépendance qui soutendront le modèle de transport ou seront déterminées empiriquement. Tandis que la résistance au trafic, signifiant la même chose que le temps et les frais de déplacement, doit être prise en compte pour tous les motifs de voyage, les caractéristiques génératrices de trafic seront pour les voyages d'affaires en premier lieu des grandeurs économiques, pour les voyages privés, outre la population et le revenu, le pouvoir attractif du lieu de vacances ou de tourisme et auront en ce sens une importance décisive.

Or, si l'on subdivise le territoire considéré en zones de trafic à peu près égales, comme cela a été fait dans l'étude de la campagne COST 33 sur les transports inter-villes en Europe (5), il va falloir rechercher, comme stade suivant pour l'établissement du flux de trafic international V_{CD} , un ou plusieurs flux nationaux V_{AB} pour lesquels les caractéristiques choisies pour le trafic (par exemple la distance, la population etc...) de la zone A sont égales à celles de la zone C ou zone D et encore de la zone B sont égales à celles de la zone D ou zone C . Le quotient obtenu à partir de la moyenne des flux V_{AB} et du flux V_{CD} constitue le facteur-limite G_{CD} entre les zones C et D .

On trouve ensuite le facteur-limite de la zone C dans le pays N1 avec les pays N2 comme la moyenne pondérée de tous les facteurs-limite de la zone C avec les diverses zones D1 dans les pays N1.

II. La situation en matière de données

La procédure qui vient d'être décrite dans ce qui précède demande une matrice des flux de trafic pour l'apparition des trafics entre point de départ (source) et de destination (but) entre les zones prises en considération pour tous les motifs de voyage et, au surplus, pour chaque zone, les caractéristiques déterminant le trafic. A cet égard, il faut avoir l'assurance que les données sont relevées selon des méthodes identiques dans les différents pays.

Qui connaît la situation en Europe en matière de données, sait aussi que cette hypothèse est une vue de l'esprit et le restera sans doute encore pour un bon bout de temps. Il est fort difficile d'évaluer les chances de réussite que pourront avoir les différentes activités engagées dans l'espace européen pour améliorer la qualité et l'homogénéité des données (par exemple la campagne COST 305).

Dans le cadre d'une étude de la CEE (6) portant sur un réseau européen de trains à grande vitesse, l'inventaire des données existantes a été dressé pour la France, les Pays-Bas et la république fédérale d'Allemagne. Il s'avère que l'on se trouve en présence de données très différentes, issues d'enquêtes, de recensements et de calculs sur modèle dans les différents pays. On dispose des données les plus rares pour le trafic automobile qui représente pourtant de 60 à 80 % de tout le trafic global. La différenciation selon les motifs de voyage ne peut être faite que dans des cas isolés.

Compte tenu de cette situation pour les données de base, on ne peut songer à établir une matrice source-but pour le trafic entre les zones de trafic qu'à l'aide d'un modèle testé et étalonné sur des flux de trafic appréhendés empiriquement. Il faut préciser toutefois que ceci risque de conduire à ce que les facteurs-limite déterminés à l'aide de ces données de modèle soient, de fait, implicitement déterminés d'emblée par les prémisses ayant servi à construire le modèle.

III. L'ordre de grandeur des facteurs-limite

Dans ce qui va suivre, nous allons tenter de déterminer certains facteurs-limite en nous basant sur des matrices de trafic source-but, telles qu'elles furent établies par calcul pour l'année 1982 avec le modèle COST 33 pour une étude de la CEE sur les trains à grande vitesse (6 et 7) et telles qu'elles furent vérifiées quant à leur plausibilité à l'aide des chiffres disponibles sur les transports.

La répartition en zones des divers pays a été retenue à partir des matrices ayant été calculées pour les motifs de voyage que sont les voyages de service et d'affaires, les voyages de vacances ainsi que d'autres voyages privés. La Belgique, la république fédérale d'Allemagne, la France, le Luxembourg et les Pays-Bas ont été intégrés dans cette étude.

La répartition régionale est choisie de telle sorte que la Belgique et le Luxembourg ne constituent qu'une seule zone et qu'il n'y a pas à déterminer de trafics nationaux pour chacun. Cela signifie qu'à partir de la Belgique et du Luxembourg on ne saurait calculer aucun facteur avec le stock de données dont on dispose et avec les prémisses théoriques pour déterminer des facteurs-limite.

La procédure suivie sera maintenant explicitée par l'exemple de la liaison Cologne-Bonn - Languedoc-Roussillon.

A ne considérer qu'exclusivement la durée du voyage comme paramètre caractéristique de classement, on peut trouver, pour la liaison internationale Cologne-Bonn avec le Languedoc-Roussillon en admettant une plage de tolérance de + ou - 15 minutes de temps, 14 trajets nationaux comparables, plus précisément en Allemagne, qui présentent une création de trafic moyenne de 96 228 voyageurs pour affaires et, après division par le trafic international de 3 474 voyageurs, on aboutit à un facteur-limite de 27,7.

Si maintenant, nous rajoutons à titre de caractéristique supplémentaire la population avec une marge de + ou - 100 000, les 14 liaisons intérieures allemandes trouvées plus haut se réduisent alors à 3. Il en résulte une apparition moyenne de 92 944 voyageurs pour affaires à l'intérieur de l'Allemagne et un facteur-limite de 26,8.

Si nous faisons par ailleurs entrer dans le calcul, la caractéristique supplémentaire du PNB régional, il ne reste plus qu'une seule liaison de comparaison interne à l'Allemagne en admettant une marge de + ou - 15 milliards de DM. Le flux du trafic sur la ligne Cologne-Bonn - Schleswig-Holstein de 76.621, divisé par 3 474, donne un facteur-limite égal à 22,1.

L'introduction de plusieurs caractéristiques réduit considérablement les liaisons intérieures et les liaisons franchissant les frontières dont on a besoin pour les comparaisons et le calcul du facteur-limite. Si l'on prend pour exemple la zone de trafic Cologne-Bonn dans ses communications avec la France, on met ainsi en rapport, avec le critère de la durée du voyage, 19 liaisons internationales avec seulement 230 liaisons nationales pour déterminer le facteur-limite. Après incorporation du critère de la population en supplément, il ne persiste plus que 3 liaisons internationales et 5 nationales. Après introduction du PNB en plus, il reste une liaison internationale et une autre nationale dont la comparaison fournit dès lors le facteur-limite de la zone Cologne-Bonn avec la France.

Cet examen permet de déduire qu'il convient de tracer les zones de trafic de manière telle que le nombre de liaisons servant de base aux calculs, soit aussi grand que possible, c'est-à-dire que ces zones devraient être prévues pour que l'on puisse aboutir à l'aide d'un nombre aussi réduit que possible de catégories de critères de détermination, par exemple la population, le PNB ou le revenu, et que les zones puissent être réparties en groupes homogènes.

En établissant une évaluation des facteurs-limite pour les différents motifs de voyage et pour le trafic global entre les différents pays de la Belgique, de la république fédérale d'Allemagne, de la France, du Luxembourg et des Pays-Bas (6, 7), les chiffres paraissent de prime abord des plus plausibles. C'est ainsi par exemple que les facteurs élevés dans les voyages de vacances de la France sont l'indice que les Français passent dans leur

écrasante majorité leurs congés dans leur propre pays. Les facteurs plus petits que 1 pour le trafic constitué par les voyages privés entre l'Allemagne et la Belgique et entre l'Allemagne et la Hollande font sous-entendre un grand nombre de déplacements de week-end interfrontaliers qui effectivement ont bien lieu. Par conséquent, on ne saurait nier une certaine plausibilité vu la situation décrite en matière de qualité des données. Le fait de savoir si le facteur pour le trafic en voyages d'affaires entre la France et l'Allemagne fait en l'occurrence bien exactement 22,1 doit être relativisé, car il ne peut, dans le meilleur des cas s'agir ici que de valeurs-repères.

L'examen comparatif des facteurs calculés pour l'Allemagne avec des données issues également de calculs sur modèle pour le trafic voyageurs en Allemagne fédérale (8) fait apparaître pour le trafic global de l'année 1975 vers la Belgique une valeur de 2,7 – vers la France de 4,0 – vers le Luxembourg de 21,2 – et vers la Hollande de 2,1. Une comparaison avec des données de comptage du trafic frontalier de la république fédérale d'Allemagne (4) sur l'année 1971 corrobore également ces ordres de grandeur.

Lorsqu'on compare tous les flux internationaux des pays considérés avec leurs flux nationaux respectifs, on tombe sur une valeur globale du facteur-limite pour le trafic global qui fait alors 4,7. Dans des travaux d'études antérieurs, des chiffres de cet ordre de grandeur sont déjà avancés.

Dès 1977, on relève dans les études sur les trains à grande vitesse de Eberlein et Weber (1 et 2) des premières approches sur l'ordre de grandeur de facteurs-limite de ce genre. Avec un modèle de conception simple, ils trouvaient pour le trafic global un facteur de 4 indiquant que les trafics nationaux internes étaient un multiple de cet ordre par rapport au trafic franchissant les frontières en Europe centrale. Le facteur indiqué pour le trafic avec le nord de la Grande-Bretagne était de 12. Les réflexions faites dans ces études visaient à évaluer le potentiel de trafic susceptible de prendre corps pour un système européen de trains à grande vitesse en admettant au départ l'hypothèse que les facteurs-limite seraient de plus en plus faibles au fur et à mesure que l'intégration européenne serait plus poussée.

Un démantèlement des facteurs-limite permettrait l'émergence d'un réseau de lignes européen dans un état « Europe » avec une langue unique et un intense entrelacement économique, culturel et sociologique.

Résumé et conclusions

A. Le facteur-limite est défini comme étant le rapport entre les flux nationaux de la source au but et les flux internationaux de la source au but entre des zones éloignées à égale distance les unes des autres et présentant deux par deux des caractéristiques génératrices de trafic identiques.

B. Pour pouvoir calculer les facteurs-limite, il faut disposer de matrices des flux source-but, déterminées empiriquement pour des zones de trafic tracées de manière telle que leurs caractéristiques génératrices de trafic respectives soient d'une grandeur aussi égale que possible.

C. Les données présentement disponibles ne peuvent satisfaire à ces critères d'exigence, ce qui rend impraticable tout calcul exact des facteurs-limite pour l'instant.

D. Les chiffres obtenus par calcul peuvent indiquer dans le meilleur des cas les ordres de grandeur des facteurs-limite. Il convient, en outre, de tenir compte de ce que les données utilisées sont des résultats calculés sur des modèles et contiennent éventuellement d'emblée implicitement des facteurs-limite. En dépit de ces restrictions, l'examen comparatif de différentes sources de données montre, pour la république fédérale d'Allemagne, des résultats grosso modo concordants, si bien que les valeurs calculées semblent d'un ordre de grandeur acceptable.

E. Les facteurs-limite pourtant fort élevés pour certains, en particulier ceux visant le trafic relevant des voyages d'affaires, sont un indice des volumes potentiels que pourrait laisser s'épanouir un éventuel démantèlement de ces facteurs grâce à une interpénétration plus grande des économies et également à une qualité supérieure de l'offre des transports.

F. La preuve pour un démantèlement des facteurs-limite dans le passé n'a pas pu être administrée, tout calcul exact étant irréalisable et aucun changement dans les ordres de grandeur n'étant identifiable.

(Théoriquement, les facteurs-limite et leur évolution dans le temps se prêteraient bien à titre de système de mesure de la progression de l'intégration en Europe).

G. Il n'est guère à escompter que dans un proche avenir la situation en matière de données s'améliore au point de rendre possible de se prononcer de façon plus précise sur les facteurs-limite.

H. La tentative devrait être entreprise de rechercher encore d'autres éléments de départ théoriques permettant d'établir des estimations de meilleure qualité avec un stock de données moins ambitieux.

Bibliographie :

1. Eberlein, D., Funktionen und Zukunftschancen eines neuartigen Schnellbahnsystems. In : Technologien für Bahnsysteme Umschau Verlag Frankfurt, 1977.
2. Weber, P.J., Quantitative Abschätzung der Nachfrage nach Verkehrsleistungen schneller Bahnsysteme in Europa um das Jahr 2000 DFVLR-FB 80-28, 1980.
3. Huber, P.B., Die deutsche Eisenbahntwicklung : Wegweiser für eine zukünftige Schnellbahn ? DFVLR-FB 78-25, 1978.
4. Hölsken, D., Lists P., Bolik, H., Untersuchungen zum grenzüberschreitenden Verkehr der Bundesrepublik Deutschland. Ingenieurgruppe IVV, Aachen, 1975.
5. OECD, The Future of European Passenger Transport OECD, Paris, 1977.
6. DFVLR, A Study Concerning the Development of High Speed Rail Network in the European Community. Phase 1 : Data Sources, Köln, Paris, Den Haag, 1984.
7. DFVLR, A Study Concerning the Development of High Speed Rail Network in the European Community. Phase 2 : Scenario and Strategy Development, Köln, Paris, Den Haag, 1984.
8. DFVLR, Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975. Verlag Dunker et Humblot, Berlin, 1981.

Simulation des répercussions de la construction de nouveaux tronçons de voie ferrée sur le trafic des marchandises

M. Kessel
BVU

RFA

I. Idée générale

Les chemins de fer fédéraux allemands construisent actuellement deux nouveaux tronçons de voie ferrée entre Hanovre et Würzburg ainsi qu'entre Mannheim et Stuttgart. Bien que principalement conçus pour le trafic grandes lignes de voyageurs, ils produiront également de fortes répercussions sur le trafic grandes lignes de marchandises puisque celui-ci pourra disposer, après la réalisation des nouveaux tronçons, d'un surplus de capacité à l'intérieur du réseau existant.

Le ministre fédéral des Transports a chargé le groupe BVU (Groupe de Conseil Transport et Environnement) de quantifier et d'évaluer les répercussions de la construction de nouveaux tronçons de voie ferrée sur le trafic de marchandises dans le cadre d'une simulation. Dans ce but, un système complexe a été développé, se composant de nombreuses situations types et qui pourront être résumées dans les deux groupes de situations types suivantes :

A. Simulation sans restriction de capacité

Dans ce cas de figure, qui suppose que le réseau existant suffit à la réalisation du trafic demandé, le but consiste à rechercher le meilleur acheminement pour le trafic ferroviaire des marchandises et la charge du réseau qui en résulterait. Le résultat de ce premier groupe de situations types sera un rapport charge/capacité qui fera ressortir les charges en dessous et au-dessus de la capacité (goulots d'étranglement) du réseau.

B. Simulation avec restriction de capacité

Dans cette phase de situations types se déroulera la simulation de la déviation de trains afin d'éviter des goulots d'étranglement sur la base de certains critères de sélection, ainsi que la simulation de déplacements de trains sur des tronçons de goulots d'étranglement qu'il n'est plus possible d'éviter, ainsi que, pour finir, la simulation de temps de retard sur des tronçons de

voies chargés au maximum de leur capacité ; dans ce dernier cas de figure, seront également recherchés les retards secondaires dûs aux correspondances manquées dans les gares de triage.

II. Simulation sans restriction de capacité

A. Voies d'acheminement dans le trafic ferroviaire de marchandises

En raison de ses quantités et de la constellation du réseau, le trafic par wagons complets de la Deutsche Bundesbahn est actuellement acheminé à environ 40 % des wagons, par trains directs de la source à la « cible ». Au-delà, les wagons provenant du secteur d'une gare de triage donnée ne suffisent plus pour la constitution d'un train direct à destination du secteur de distribution d'une gare de triage-cible donnée. Dans ces cas, les wagons devront suivre des « voies d'acheminement » déterminées afin d'être rattachés à d'autres trains dans des gares de triage situées sur les « parcours » des wagons.

Afin de pouvoir déterminer les voies d'acheminement les plus indiquées en présence d'alternatives concernant les réseaux ferroviaires et des interdépendances du trafic, un modèle complexe de recherche d'itinéraires et de triage a été développé pour le trafic ferroviaire des marchandises. Ce modèle simule de façon relativement précise le processus de la constitution des trains et de la circulation des trains de la Deutsche Bundesbahn. Dans ce modèle, la voie d'acheminement entre une gare de triage de départ et la gare de triage d'arrivée sera déterminée par le temps de transport le plus court entre ces deux gares, y compris les triages nécessaires dans le secteur du trafic grandes lignes. L'optimisation du temps de transport qui est la base de ce modèle peut, en modifiant le modèle et en prévoyant les valeurs d'initialisation indiquées, également être élargie en une optimisation du coût ou d'une fonction de la résistance.

La documentation existante sur les expériences réalisées jusqu'à présent dans ce domaine atteste de façon évidente que la recherche de voie d'acheminement dépendant de l'intensité du trafic et du réseau se présente, actuellement, de façon bien trop complexe en ce qui concerne les problèmes de méthode et – surtout lorsqu'il s'agit de réseaux relativement importants – de calcul, pour pouvoir être réalisée de façon simultanée. Pour cette raison, nous avons choisi, dans le cas présent, un procédé heuristique à intervalles. A l'aide d'une progression d'observations dans des intervalles suffisamment rapprochés d'une heure, il a été possible de faire en sorte que les influences réciproques qu'exercent certaines gares de triage les unes sur les autres ne produisent leur effet sur les autres gares de triage que dans l'intervalle suivant, ce qui permettait d'en tenir compte. Afin de démarrer ce processus de façon logique, le point de départ est constitué par un réseau ou horaires prévoyant exclusivement des trains directs entre toutes les gares de triage. Après cela, la simulation de la constitution des trains et de leur circulation sera suivie à l'intérieur de chaque intervalle, et de l'établissement d'un horaire réaliste respectant des passages de wagons pré-établis, et de la recherche, basée sur l'horaire, de la correspondance la plus rapide en temps entre une gare de triage de départ et celle d'arrivée, ceci

constituant la voie d'acheminement. Ce processus sera répété jusqu'à ce que l'horaire et donc le système de voies d'acheminement, se seront stabilisés.

B. Simulation de la constitution des trains

La simulation de la constitution des trains représente la phase individuelle la plus complexe à l'intérieur de l'ensemble du processus de situations types dans la recherche des voies d'acheminement et des charges des voies ferrées. Dans cette phase, toutes les gares de triage du réseau seront « traitées » selon une numérotation pré-établie. Le point de départ de la constitution des trains dans une gare de triage donnée seront les « arbres d'itinéraires » qui représentent les meilleurs itinéraires possibles de l'embranchement pris en considération vers toutes les autres gares de triage du réseau. A titre d'exemple fictif, la figure 1 représente l'arbre d'itinéraires de la gare de Würzburg (1) dans le cadre du réseau ferroviaire (1) de la Deutsche Bundesbahn.

L'ordre de priorité dans le triage des wagons, ou des groupes de wagons, à l'arrivée ou en souffrance, en direction des trains au départ, est essentiellement fonction, dans la pratique, de l'horaire des trains. Etant donné que cet horaire n'est, dans la simulation, que le résultat du processus de calcul, dans la situation type, l'ordre de triage des wagons sera basé sur la distance par rapport à la gare de destination. On peut dire qu'en toute logique ceci correspond à la pratique car, afin de parvenir au vide nocturne, on veille en règle générale à trier d'abord les wagons ou les groupes de wagons aux destinations lointaines et ensuite seulement ceux dont la destination se situe dans le secteur du trafic local. Dans l'algorithme, ceci est exprimé par la règle express selon laquelle les arbres d'itinéraires sont traités, pour ainsi dire, « d'arrière en avant » à commencer par les gares de triage de destination les plus éloignées en temps de transport. Par rapport à l'exemple fictif de la figure 2, cela pourrait revenir à peu près, à ce que les wagons à destination de la gare de « Maschen » (2), venant de la gare de triage de Würzburg (1) – qui est le centre de notre exemple – elle-même ou s'y trouvant en souffrance en provenance d'autres gares de triage, que ces wagons donc se trouveraient regroupés, conformément à cette règle, dans le cas d'un nombre de wagons insuffisant pour la constitution d'un train direct, avec les wagons à destination de la gare de Braunschweig (3) etc.

Lorsque, à l'occasion du traitement « à reculons » des arbres d'itinéraires, on arrive à un embranchement de l'arbre d'itinéraires, comme c'est le cas au nord de Göttingen (4) dans notre exemple fictif, il y aura alors lieu de procéder de la même manière en ce qui concerne la branche qui est venue s'ajouter avec les gares de Brème (5) et de Seelze (6), jusqu'à ce que, finalement, l'ensemble de l'arbre d'itinéraires ait été parcouru.

Le temps de transit dans la gare de triage doit être considéré comme une importante variable de commande ou d'objectif dans le processus de la constitution des trains, ce temps est défini par la période s'écoulant entre l'arrivée du train entrant et le départ du train sortant. Lors des situations types établies jusqu'à présent, le temps de transit minimum était fixé en règle générale à 2 heures pour toutes les gares de triage. Pour déterminer le temps de triage, on s'est servi, à titre de critère spécifique à une gare de triage donnée, de la capacité de son dispositif de passage en wagon/

heure. En conséquence, selon le nombre de rentrées de wagons, on obtient pour un intervalle I le temps de triage.

$$T_i = \frac{W_{ia}}{C}$$

avec W_{ia} = nombre de wagons se trouvant dans la gare pendant l'intervalle I

et C = capacité du dispositif de passage d'une gare de triage

En toute logique, on n'obtiendra pas de chiffres entiers lors de la définition du nombre de wagons sortants. En se basant sur des degrés minima d'utilisation de la capacité, on pourra alors définir avec précision les plages de valeurs à l'intérieur desquelles tous les wagons pourront être répartis sur des trains sortant et celles à l'intérieur desquelles les wagons « en surnombres » devront attendre le prochain train sortant. Le degré d'utilisation de la capacité représente une importante donnée d'influence sur le pourcentage de trains directs sur le réseau. Lors des situations types établies jusqu'à présent, on se basait sur un degré minimum d'utilisation de la capacité de 80 %.

C. Simulation de la circulation des trains

Les trains sortant d'une gare de triage résultant de la recherche dans le cadre de la constitution des trains sont « mis en mouvement » dans la phase de mise en circulation des trains dans la simulation de la situation type. Pour ce faire, l'heure de départ des trains se calcule sur la base de l'heure d'arrivée et du temps de transit des courants de wagons. A la gare cible, le train en question sera alors enregistré avec toutes les informations nécessaires au processus de constitution des trains qui aura lieu lors de l'intervalle suivant. La durée de l'intervalle a été fixée à une heure, car – dans le cas de son application au réseau de la Deutsche Bundesbahn – elle est alors supérieure ou tout au moins égale à la durée de transport entre deux gares de triage. C'est ainsi que la présence en tant qu'information des trains partis durant les intervalles antérieurs et arrivés pendant l'intervalle $I + 1$ sera garantie lors de la constitution des trains dans l'intervalle $I + 1$ et qu'ils pourront alors être pris en considération.

Dans le cadre de la constitution des trains, la question sera posée à propos de chaque courant de wagons afin de savoir s'il se trouve toujours sur son meilleur itinéraire possible. Dans le cas où un changement d'itinéraire optimal ne passe plus par la gare de triage en question, on peut alors, en théorie, imaginer deux façons de procéder ; recommencer la constitution du train à partir de la gare initiale en tenant compte de ces nouvelles informations ou alors « oublier » tout simplement ce courant de wagons en route. Lors du déroulement de la situation type, nous avons choisi une solution intermédiaire, car, d'un côté, le fait de remonter jusqu'à la gare initiale des courants de wagons en parcours aurait été bien trop problématique, et, d'un autre côté, on ne pouvait accepter les inexactitudes qu'aurait entraînées l'« oubli » de certains wagons pour la définition de l'utilisation maximale de la capacité des gares de triage cibles. En conséquence, dans le cas d'un changement d'itinéraire concernant des wagons en parcours au moment de la simulation

de la circulation des trains, ceux-ci étaient alors acheminés sur leur itinéraire optimal de départ en direction de leur gare de triage de destination.

Au fur et à mesure de la mise en circulation de trains entre les gares de triage, le « réseau de lignes de trains » devient plus dense. A présent, il ne se compose plus des tronçons de voie matériels du réseau initial, mais plutôt des liaisons de trains entre les gares de triage. La figure 3, représentant à titre d'exemple fictif le parcours possible des itinéraires optima dans le réseau des lignes de trains autour de la gare de triage de Würzburg, illustrera cette définition.

Bien évidemment, les trains qui y seront représentés en tant que tronçons fictifs utilisent tous le réseau ferroviaire matériel et, en toute logique, ils renferment également toutes les caractéristiques de ce réseau concernant la durée du transport, le nombre maximal de wagons par train etc. ; du point de vue du programme, ce procédé représente, cependant, une simplification considérable pour l'élargissement ultérieur du registre d'horaire, une simplification qui représentait, en fin de compte, la condition sine qua non de l'applicabilité de procédés traditionnels de recherche d'itinéraires aux questions posées ici. Ainsi, si l'on s'était basé sur le réseau matériel dans le cas de la figure 3, il aurait fallu différencier, dans le cas de la gare de Bebra (2), entre un courant de wagons de Würzburg (1) à Kassel (3) ou de Würzburg (1) à Seelze (5) et qui ne ferait que « traverser », devant, en conséquence, se voir attribuer la « résistance » de triage zéro. Une telle caractérisation spécifique des résistances de jonction par rapport aux courants de wagons serait, cependant, extrêmement difficile à traiter avec les programmes de recherche d'itinéraires existants ; dans le cas de figure mentionné ci-dessus, la solution est apportée par l'introduction d'un nouveau tronçon fictif entre Würzburg (1) et Seelze (5), et qui est identique à un train direct, de sorte qu'aucune résistance d'embranchement spécifique aux gares secondaires du réseau, par lesquelles les wagons auront à passer, n'aura à figurer dans le registre des jonctions.

Le processus de recherche d'itinéraires dans le réseau des lignes de trains se présente comme une juxtaposition de liaisons possibles entre les gares de triage, comparable au procédé habituellement mis en œuvre par les renseignements destinés aux voyageurs. Il y a cependant une différence importante qui consiste en cela que, d'un côté, le procédé est manuel, alors que, de l'autre, il est entièrement automatisé. Ceci implique la possibilité de trouver des itinéraires optima liés à une plage horaire spécifique. La possibilité de passer d'un train entrant dans la gare de triage à un train sortant de cette gare se présente à chaque fois que la période entre l'arrivée et le départ est au moins égale ou supérieure au temps de triage moyen tel qu'il est déterminé lors de la constitution des trains pour chaque intervalle, compte tenu de la quantité de wagons en attente et de la capacité de la gare de triage (capacité du dispositif de passage de la gare de triage). De façon comparable aux programmes de recherche d'itinéraires dans le trafic routier, les temps de transport des trains représentent des résistances de parcours, alors que les temps de triage dans la gare de triage représentent des résistances d'embranchement.

D. Itération de la situation type

Le procédé d'itération portant sur la constitution des trains, la circulation des trains et la recherche des itinéraires devra se poursuivre jusqu'à ce que les parcours optima recherchés ne changent plus. Lorsqu'on relie cela à l'étendue

et aux distances de transport du réseau de la Deutsche Bundesbahn, cela implique la nécessité de parcourir au moins 40 à 50 intervalles d'une heure, afin de saisir jusqu'aux répercussions réciproques des gares de triage les plus éloignées les unes des autres.

Jusqu'à présent, les applications du procédé de recherche d'itinéraires pratiquées par rapport au trafic ferroviaire sur le réseau de la Deutsche Bundesbahn ont donné lieu « par précaution » à plus de 500 intervalles parcourus. Ceci permit de démontrer que le procédé heuristique conduisait effectivement à la convergence prévue des voies d'acheminement et que le procédé de stabilisation trouvait une conclusion relativement rapide. Il ressort notamment d'une analyse qu'après 24 intervalles parcourus, 36 % des voies d'acheminement définitives étaient trouvées et, après 48 intervalles, ce pourcentage s'élevait à 81 %. Après le 456^e intervalle, on ne constata plus aucun changement du système des voies d'acheminement.

E. Charge du réseau

La première phase de situation type permet de déterminer la charge quotidienne du réseau ferroviaire en trains de voyageurs et de marchandises, ceci étant basé sur la supposition de l'absence de toute restriction de capacité et que les voyageurs et les marchandises peuvent être acheminés sur un itinéraire optimal. La comparaison entre la charge des trains et la capacité des tronçons fait ressortir les tronçons disposant de trop grandes capacités et ceux dont la capacité est dépassée et qui représentent donc des goulots d'étranglement. Dans le cas des tronçons parallèles au tronçon nouvellement construit entre Hanovre et Würzburg, la surcharge est représentée dans la figure 3.

Dans le cas de figure de base, c'est-à-dire sans la construction du nouveau tronçon, le réseau existant serait surchargé avec un maximum de 145 trains par tranche de tronçon et par destination. Cette surcharge conduit à des conséquences de fonctionnement possibles, et partiellement inévitables, qui seront simulées dans la phase suivante.

III. Simulation avec restriction de capacité

A. Déviation

Lorsqu'il y a des goulots d'étranglement sur le réseau, on essaiera tout d'abord de dévier certains trains des tronçons surchargés sur des tronçons disposant encore d'une certaine capacité. Il conviendra alors de résorber les goulots d'étranglement existants autant que possible sans en créer d'autres à un autre endroit.

Par principe, seuls les trains de marchandises devraient être déviés. Dans le cadre du processus de simulation, il y aura donc à définir tout d'abord les trains qui, dans la zone d'étranglement, paraissent les plus indiqués pour être déviés. Etant donné qu'il pourra s'avérer impossible de dévier effectivement tous les trains que l'on voudrait dévier, la liste des trains à dévier devrait être établie par ordre de priorité. Dans le cas présent, les trains en tête de liste étaient ceux qui devaient toucher le plus grand nombre de goulots d'étranglement dans le réseau. Afin d'éviter les déviations non

rentables au départ, le plafond de la longueur acceptable des déviations a été fixé à 10 %.

Sur le plan technique, la situation type tient compte de la phase de déviation de telle sorte que les tronçons en goulot d'étranglement dans le réseau type sont éliminés et qu'un deuxième jeu d'itinéraires est créé afin de pouvoir y dévier les trains déterminés pour cela jusqu'au moment où la limite de la capacité est atteinte. Cette phase devra être répétée plusieurs fois; étant donné qu'après l'utilisation du premier meilleur parcours de déviation, un deuxième et un troisième meilleur parcours de déviation pourront éventuellement encore disposer de réserves de capacité.

B. Refoulement

Tous les tronçons du réseau sont sujets à l'établissement d'une capacité maximale. Lorsque cette capacité est dépassée même après l'application de toutes les possibilités de déviation, on adopte alors la solution du refoulement sur le trafic routier de marchandises. De même qu'en ce qui concerne les déviations, l'unité à considérer ici est le train d'étranglement, une liste avec ordre de priorité des trains susceptibles d'être refoulés doit être établie.

C. Retard

De même que pour la circulation routière, il existe également, pour la circulation ferroviaire, une dépendance entre les horaires des trains et la charge du réseau. On part ici du principe que l'accroissement de la charge du réseau ne produira des temps d'attente qu'en ce qui concerne le trafic de marchandises, étant donné que le trafic voyageurs est prioritaire.

Le résultat de cette phase de simulation sera des prolongations du temps de parcours (retards) liées à la charge du réseau, soit des trains, soit des wagons. Contrairement à la circulation routière, la circulation ferroviaire verra également se produire des retards secondaires pour les wagons qui n'arriveront pas à temps pour le transit normal dans une gare de triage.

La recherche des retards liés à la charge du réseau dans le trafic ferroviaire de marchandises fait ressortir un nouveau facteur de coûts qui, pour autant que nous sachions, a pu être simulé ici, pour la première fois au moyen d'un système de situations types et a pu être pris en considération dans le cadre d'une évaluation de l'ensemble des facteurs d'ordre économique. Ceci suppose que, dans le cadre de la simulation, un « compte » précis sera tenu pour chaque wagon et que ce compte devra comporter outre le point de départ, l'heure du départ, le lieu de triage et le temps de triage, également le lieu de destination et l'heure d'arrivée.

IV. Evaluation

La construction de nouveaux tronçons de voie ferrée, même s'ils sont destinés en partie ou exclusivement au trafic voyageurs, aura en règle générale de fortes répercussions sur le trafic des marchandises. Il s'en suit que le résultat d'une évaluation basée sur un ensemble de facteurs d'ordre économique de ce genre de tronçons de voie ferrée sera fortement influencé par des facteurs d'utilité et de coût tels qu'ils ont pu être simulés par

rapport au trafic des marchandises au moyen des situations types dont le schéma a été présenté ici.

L'évaluation de diverses constructions de nouveaux tronçons ou d'élargissement du réseau qui nous a été commandée par le ministre fédéral des Transports est actuellement en voie de conclusion. Il sera alors possible, au moment du symposium qui aura lieu en novembre de cette année, de compléter l'actuel exposé par des résultats d'évaluation concrets.

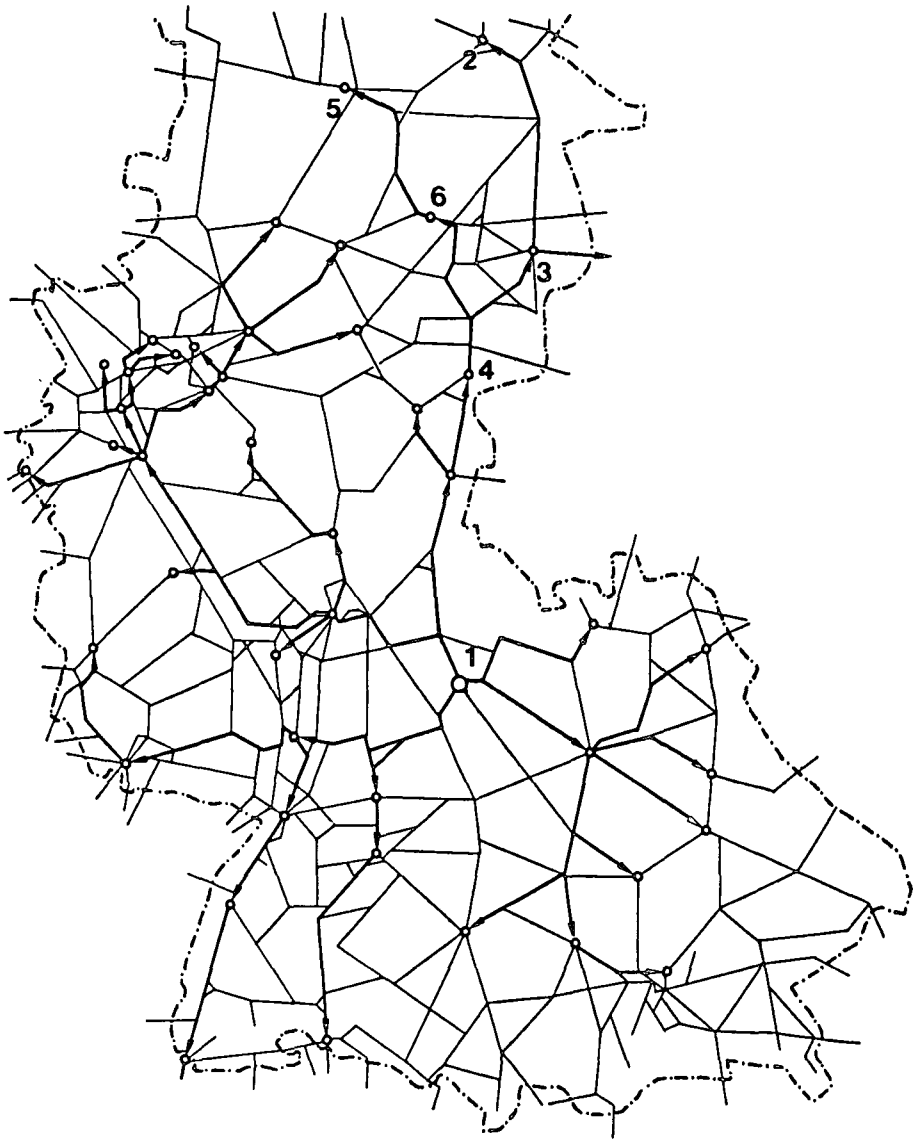


Figure 1. Arbre d'itinéraires concernant la gare de triage de Würzburg (1) à l'intérieur du réseau ferroviaire (exemple fictif).

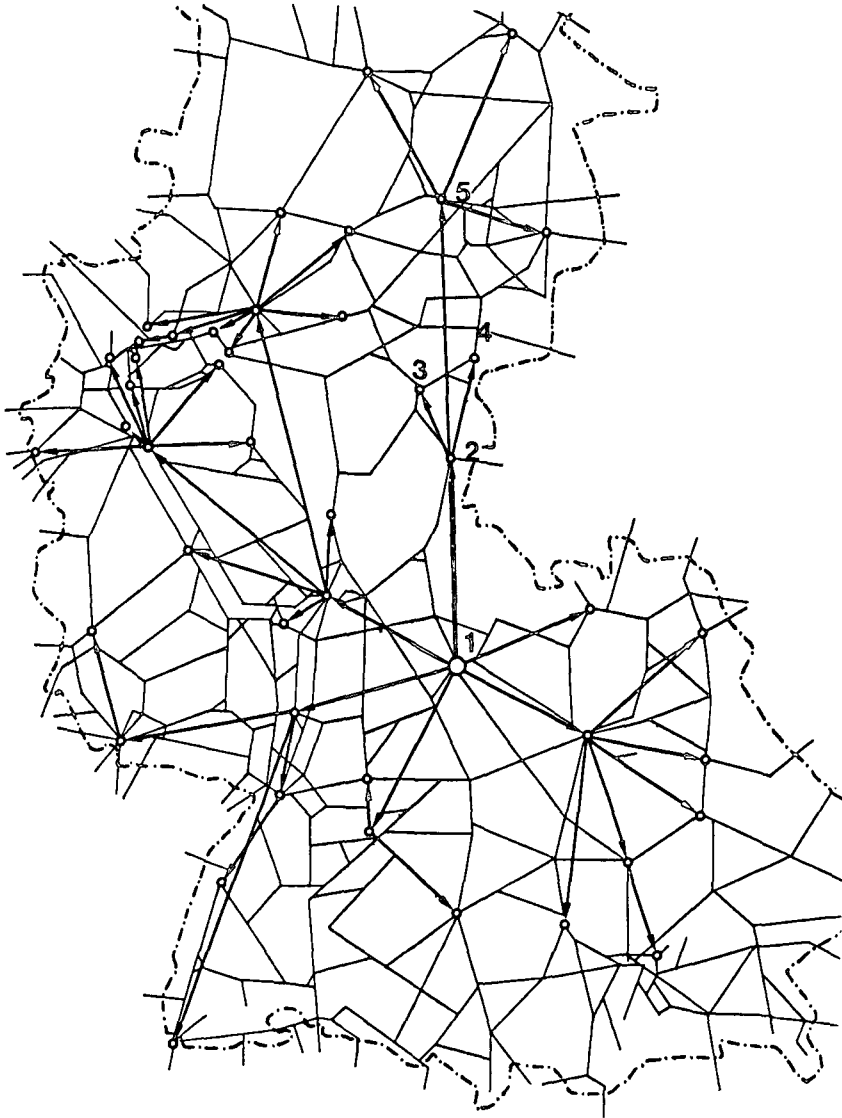


Figure 2. Arbre d'itinéraires concernant la gare de triage de Würzburg (1) à l'intérieur du réseau des lignes de trains (exemple fictif).

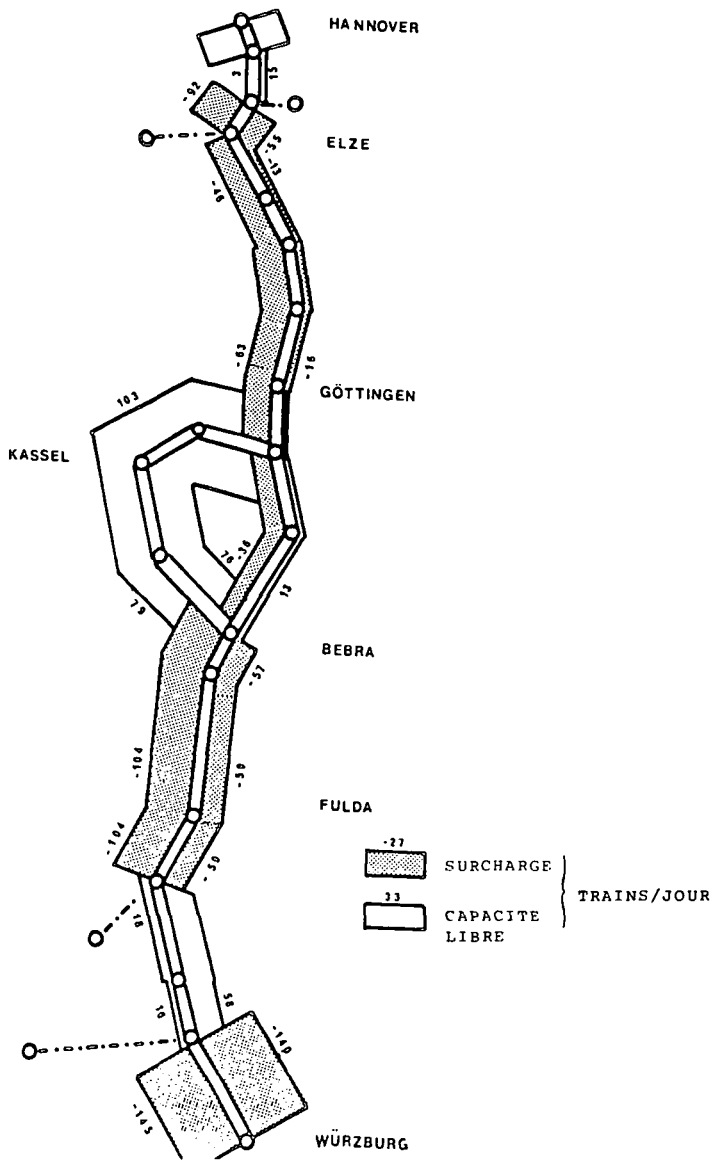


Figure 3. Utilisation en pleine capacité des tronçons de voie ferrée parallèles au tronçon en construction entre Hanovre et Würzburg dans le cas de base et sans restriction de capacité.



Thème 3/6

Bilan financier et financement

M. LEBOEUF - FRANCE	266
L'évaluation économique et financière des projets TGV <i>SOCIÉTÉ NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS</i>	
<hr/>	
M. HEINISCH - RFA	282
Réflexion sur les moyens d'assurer le succès économique des systèmes de chemin de fer à grande vitesse dès le stade de leur conception <i>DEUTSCHE BUNDESBAHN</i>	
<hr/>	
M. RAHN - RFA	299
Réflexions conceptuelles et essais pratiques techniques en tant que contribution à l'optimisation micro-économique du futur trafic à grande vitesse de la DB <i>DEUTSCHE BUNDESBAHN</i>	
<hr/>	
M. ROTHENGATTER - RFA	326
Planification dynamique des investissements pour des voies de communication à grande distance <i>UNIVERSITÄT ULM</i>	
<hr/>	
M. PEREIRA - FRANCE	334
Les projets de trains à grande vitesse et les variables financières, enjeu de la modernisation <i>MINISTÈRE DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS SERVICE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES ET DU PLAN</i>	
<hr/>	
M. COURTOIS - BELGIQUE	343
Bilan financier d'une ligne internationale à grande vitesse <i>MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS</i>	
<hr/>	
M. FAYARD - FRANCE	350
Finançabilité des grandes infrastructures internationales de transport : la liaison « Transmanche » <i>MINISTÈRE DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS DAEFA</i>	
<hr/>	
M. LESAFFRE - FRANCE	351
Procédure de financement communautaire des projets ferroviaires à grande vitesse <i>MINISTÈRE DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS DTT</i>	
<hr/>	

L'évaluation économique et financière des projets de TGV

M. Lebœuf

FRANCE

*Direction des Etudes,
de la Planification et de la Recherche
SNCF*

Qu'il s'agisse des pouvoirs publics, des collectivités territoriales, des gestionnaires de transport, des industriels ou des usagers, il ne manque pas de motivations pour promouvoir une amélioration du système des transports. Le foisonnement des projets est propice à la concurrence et à l'innovation mais il se heurte à la contrainte de la répartition des ressources disponibles et soulève le problème ardu de la justification des choix.

Côté pouvoirs publics, prédominent incontestablement les soucis de coordination entre les actions envisagées dans le domaine des transports et les objectifs de la politique générale – si tant est qu'un projet de grande infrastructure de transport soit un lieu de conflits entre groupes d'intérêts de toutes natures et l'occasion de transferts entre agents économiques – de cohérence et d'harmonisation entre les différents réseaux de transport et d'efficacité économique et sociale des fonds budgétaires ou des capitaux collectés sur le marché financier. Aussi la loi d'orientation des transports intérieurs dans son titre I, chapitre 3, article 14 impose l'évaluation économique et sociale des grands investissements relatifs aux infrastructures, équipements, matériels et technologies de transport.

Côté gestionnaire de transport, le besoin de cohérence entre les décisions répétitives qui affectent le budget d'investissement est tout à fait essentiel pour parvenir à atteindre les principaux objectifs stratégiques de l'entreprise. Des arbitrages sont en permanence nécessaires pour trancher entre « ce que l'on fait à la place de quelque chose ou de ce que l'on ne fait pas au profit de quelque chose ». A cet égard, l'exemple du TGV Sud-Est illustre bien l'importance du choix effectué sur les investissements de l'entreprise. Très approximativement le coût total de la seule ligne nouvelle représente une année d'investissement. Etalés dans le temps, soit sur 7 années, les paiements correspondants ont absorbé 10 % du budget annuel et encore plus si l'on se réfère au budget effectivement disponible pour engager des opérations nouvelles autres que les opérations obligatoires ou de renouvellement, déduction faite toutefois des investissements éludés par le projet.

I. Les principaux critères d'efficacité économique et sociale des grands projets

Selon les recommandations globales formulées par le conseil général des Ponts et Chaussées et conformément aux directives applicables plus spécifiquement au chemin de fer, les projets sont à apprécier en fonction de leur efficacité économique et sociale, qui recouvre au moins l'ensemble des critères suivants :

A. Contribution à la satisfaction des besoins et aspirations des individus et des entreprises en matière de transport, notamment :

- amélioration de la sécurité ;
- réduction des temps de transport ;
- accroissement de la qualité des services rendus.

B. Efficacité économique :

- rentabilité financière pour le gestionnaire du projet ;
- rentabilité économique pour la collectivité incluant, outre le gestionnaire, les exploitants des autres modes de transport, les usagers et les collectivités publiques.

C. Contribution aux grands équilibres macro-économiques :

- emploi ;
- inflation ;
- balance des paiements, avec en particulier examen de la consommation en produits énergétiques importés ;
- produit intérieur brut.

D. Contribution à l'aménagement du territoire

E. Impact sur la qualité de la vie :

- conditions de travail ;
- environnement.

Le temps imparti à cet exposé est trop bref pour examiner en détail la méthodologie spécifique d'évaluation de chacun de ces critères. Il convient néanmoins de rappeler que les commissions interministérielles chargées d'étudier le TGV Sud-Est et le TGV Atlantique ont examiné l'ensemble de ces questions.

Notre propos sera plus spécialement axé sur les questions économiques.

II. L'évaluation de la rentabilité

L'évaluation de la rentabilité d'un projet consiste à agréger en un ou plusieurs indicateurs l'ensemble des impacts monétaires directs du projet ainsi que les conséquences du projet qui sont quantifiables en valeur.

Cette évaluation s'appuie sur un calcul de nature économique effectué en monnaie constante (francs constants, écus constants...) c'est-à-dire sans

dérive générale des prix. Ceci n'exclut pas de retenir des dérives spécifiques de coûts, notamment pour certains facteurs de production comme l'énergie. Ces dérives sont alors exprimées sous la forme d'un écart de variation par rapport à la dérive générale.

Les valeurs économiques sont affectées à des agents économiques. Lorsque les calculs sont limités aux seuls faits économiques relatifs au gestionnaire du projet, le bilan effectué est appelé « bilan financier pour l'entreprise ». Lorsqu'au contraire, ils sont étendus à d'autres agents économiques comme les usagers, les modes concurrents de transport, l'Etat, la collectivité en général, le bilan est réputé « bilan économique pour la collectivité ».

Dans ce cadre, un projet est décrit par une chronique de recettes et de dépenses, sans distinction de nature, en plus ou en moins, pour l'agent économique concerné. L'agrégation de ces valeurs est permise par le biais de l'actualisation qui consiste à calculer l'équivalent, pour une année donnée (année 0, par exemple), d'une somme S_j apparaissant l'année j , soit :

$$S_j = S_0 (1 + i)^j,$$

où i est le taux d'actualisation. Le bilan économique consiste à effectuer la somme algébrique de la chronique ainsi actualisée des recettes-dépenses sur une période déterminée. Généralement cette période débute à l'année d'apparition du premier impact monétaire. Le terme de la période peut être l'infini, ou une date plus rapprochée s'il y a lieu de prendre des précautions quant au risque d'obsolescence technique ou commerciale du projet. Le résultat de cette somme algébrique,

$$\sum_{j=0}^{\infty} S_0 (1 + i)^j = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{S_j}{(1 + i)^j} = BA(i)$$

est appelé bénéfice actualisé au taux i , car il est fonction de ce taux.

La rentabilité du projet peut être appréciée sur la base de plusieurs critères, essentiellement :

A. Recherche du taux de rentabilité, ce taux étant défini comme le taux d'actualisation annulant le bénéfice actualisé sur la période considérée.

B. Pour un taux d'actualisation t , recherche du projet procurant le plus grand bénéfice actualisé. Généralement ce taux t est le taux d'actualisation fixé par le Plan en France, censé permettre l'adéquation entre l'offre et la demande de capitaux sur le marché financier. Un critère dérivé du précédent consiste à rapporter le bénéfice actualisé à ce taux au capital à investir c'est-à-dire à déterminer le bénéfice actualisé par franc investi.

Au plan pratique, le bilan économique se présente sous la forme d'un *bilan différentiel* qui permet de rendre compte de l'impact net du projet sur l'entreprise gestionnaire ou la collectivité. Il consiste à comparer deux situations, l'une dans laquelle le projet se réalise et l'autre la situation de référence, qui au contraire l'exclut.

Ces deux situations doivent être étudiées de façon strictement parallèle, car l'une comme l'autre sont des situations fictives dont la description s'appuie sur des bases communes telles que les prévisions d'environnement économique et de contexte de concurrence.

La situation de référence est théoriquement la situation optimale pour l'entreprise ou pour la collectivité, si elle ne réalise pas le projet. Cette situation peut différer sensiblement de la situation actuelle projetée dans le futur « au fil de l'eau », par l'engagement d'une politique d'offre commerciale spécifique voire par la réalisation d'autres projets, devenant de ce fait concurrents du projet étudié. « Le fil de l'eau » ou encore « ne rien faire » ne forment qu'une possibilité de situation de référence, rarement la meilleure.

Le bilan différentiel est décomposable en sous-bilans :

- bilan différentiel d'investissements,
- bilan différentiel de recettes et/ou d'avantages (positifs ou négatifs),
- bilan différentiel de charges d'exploitation.

Les investissements nécessaires et éludés dans chaque cas méritent une étude particulière afin de déterminer leur date optimale de réalisation.

Les charges d'exploitation doivent résulter d'un programme d'exploitation compatible avec les prévisions d'offre en matière de vitesse et de fréquence et les prévisions de volume de trafic qui y sont attachées. De même les avantages des usagers, notamment les gains de temps doivent être valorisés en tenant compte des valeurs du temps qui permettent d'expliquer, au travers des modèles économétriques, les inductions et reports de trafic.

Hormis les variations de l'offre et de la structure tarifaire entre les deux situations considérées, le différentiel de recettes correspond aux recettes procurées par le trafic nouveau.

Les charges d'exploitation à considérer sont celles qui sont affectables à chacune des situations, c'est-à-dire celles qui apparaîtraient ou disparaîtraient en même temps que le projet. Les charges affectables sont égales dans certains cas aux charges totales, c'est le cas de travaux spécifiques, comme pour le TGV, l'entretien de la ligne nouvelle, l'énergie, la conduite... Dans d'autres cas les charges affectables sont limitées aux charges marginales, comme par exemple, l'entretien des lignes anciennes en prolongement de la ligne nouvelle, qui sont simultanément parcourues par les rames TGV et par d'autres trains. Ceci est justifié dans la mesure où les charges fixes figurent pour le même montant tant en situation avec investissement qu'en situation de référence, et par conséquent s'annulent dans le bilan différentiel. Dans le cas du TGV Sud-Est, les charges affectables comportent 85 % de charges spécifiques comptées en totalité et 15 % de charges non spécifiques comptées au niveau marginal.

L'intérêt du calcul de rentabilité réside dans le classement possible des projets entre eux. Il est certain que les évaluations économiques auxquelles le calcul impose de procéder sont d'autant plus incertaines que la date à laquelle elles se rapportent est plus éloignée. Toutefois ce caractère est atténué par le jeu des coefficients d'actualisation.

Des tests de sensibilité des résultats à des variations des principaux composants du bilan permettent en outre d'apprécier la fiabilité de ces résultats.

Par ailleurs, les incertitudes affectant les évaluations perdent de leur importance lorsqu'il s'agit de comparer entre elles des variantes d'un même projet, toutes autres choses égales par ailleurs.

Cet outil de calcul est donc très précieux. Toutefois il ne permet pas de déterminer vers quels engagements financiers s'oriente le gestionnaire notamment parce qu'une des caractéristiques de ce type de projet est le délai important de mise en œuvre.

Dans le cas du TGV Sud-Est, le taux de rentabilité interne pour la SNCF est de 15 % et le taux de rentabilité pour la collectivité est de l'ordre de 30 %.

III. L'approche financière

Comme pour les calculs économiques, l'approche financière nécessite l'établissement préalable de la série chronologique différentielle des dépenses et des recettes. Toutefois, elle en diffère par le fait qu'elle ne retient que les flux strictement monétaires, et s'appuie sur les valeurs en monnaie courante. Dans la pratique cette approche se limite au gestionnaire et éventuellement aux organismes participant au financement.

Le principe de cette approche consiste à imaginer une entité qui se chargerait de la gestion financière de l'échéancier différentiel d'investissement et de l'échéancier différentiel de produits et charges d'exploitation.

Comme généralement les dépenses d'investissement apparaissent en premier, cette entité, au cours des premières années, est conduite à emprunter pour couvrir les dépenses de travaux d'infrastructure et d'acquisition de matériel roulant. Elle contracte donc une dette à laquelle s'ajoutent des charges financières.

La mise en service du projet doit normalement dégager un excédent brut d'exploitation (accroissement de recettes atténué d'un accroissement de dépenses). Dès que cet excédent dépasse en valeur le niveau des charges financières l'entité est en mesure de rembourser sa dette.

Les calculs correspondants, effectués en monnaie courante exigent la constitution d'un corps d'hypothèses relatives à l'environnement économique, notamment pour la prévision de l'inflation et des taux d'intérêt à long terme.

Les résultats attendus de cette approche sont, pour le gestionnaire du projet, l'impact pour l'entreprise :

- sur les besoins de financement ;
- sur le compte d'exploitation ;
- sur le niveau de l'endettement.

La date où l'impact sur le compte d'exploitation devient positif, ainsi que la date de récupération des capitaux engagés, sont également très significatives du projet.

Les résultats obtenus dépendent des paramètres macro-économiques introduits. L'étude de la sensibilité des résultats à une variation de ces paramètres constitue un complément important susceptible d'infléchir l'appréciation portée sur les résultats initiaux.

Dans le cas du TGV Sud-Est, le compte d'exploitation est positif dès la première année d'exploitation (1984) et les capitaux engagés seront récupérés vers la fin de la décennie en cours, ce dernier résultat pouvant varier dans

une fourchette de l'ordre de 2 à 3 ans en fonction des paramètres économiques externes.

La situation financière globale actuelle de la SNCF est nettement plus défavorable aujourd'hui par rapport à ce qu'elle était lors de la construction du TGV Sud-Est, pour de multiples raisons qu'il n'y a pas lieu d'évoquer dans cette enceinte. Ceci explique que pour le TGV Atlantique, elle ait considéré comme inacceptable de supporter en totalité la charge financière de la période de construction et qu'elle ait demandé aux pouvoirs publics un concours financier.

IV. Le bilan de l'activité

Le bilan économique et l'approche financière précédemment décrits sont relatifs à l'impact différentiel du projet pour le gestionnaire. Les résultats qui en sont issus sont de la plus haute importance et conditionnent la décision de réalisation. Toutefois, l'un comme l'autre ne renseigne pas sur la spécificité du projet et ne permet pas de calculer des prix de revient.

Pour progresser dans ce sens il convient d'abandonner le raisonnement en différentiel et d'isoler l'activité considérée, qui dans le cas du TGV est la grande vitesse. Dans ce schéma seront retenus :

- les investissements totaux (ligne nouvelle, installations terminales, rames TGV),
- les recettes affectables au trafic (ancien et nouveau) acheminé par les rames TGV, quelle que soit la ligne empruntée,
- les charges affectables aux services correspondants.

Plusieurs ratios sont intéressants à ce stade et nous donnerons ici les résultats relatifs au TGV Sud-Est en régime permanent comparés à ceux des autres trains rapides et express de la SNCF.

$$\text{- ratio} = \frac{\text{charges affectables autres que matériel roulant}}{\text{recettes}} = 40 \%$$

(au lieu de 66 % pour les trains RE). Cet écart s'explique par la productivité du système TGV (réduction de distance, élévation des coefficients d'occupation) et par les effets contradictoires de la vitesse qui en élevant certaines charges comme l'énergie permet d'en réduire d'autres comme le personnel de bord des trains.

$$\text{- ratio} = \frac{\text{charges d'entretien des installations fixes et du matériel roulant}}{\text{charges totales}} = 41 \%$$

Ce ratio est approximativement constant par rapport aux trains classiques, malgré l'augmentation de la vitesse. L'explication tient à la spécialisation de la ligne nouvelle au trafic à grande vitesse permettant tout à la fois une moindre dégradation de qualité de la voie et un entretien très mécanisé permis par de longs intervalles de travaux. Elle provient également de la productivité des rames TGV qui effectuent un parcours annuel environ deux fois supérieur à celui du matériel classique à voyageurs, permettant ainsi

d'amortir sur des parcours plus longs un certain nombre d'opérations liées au temps.

$$\text{-- ratio} = \frac{\text{charges d'entretien spécifiques du système roue/rail}}{\text{charges totales}} = 13 \%$$

Seules sont retenues les charges d'entretien de la voie, du fil de contact caténaire, de la partie mécanique des rames (moteurs, transmission et freinage mécaniques) de l'ensemble des bogies moteurs et porteurs ainsi que des pantographes et archets. Ce ratio est très faible et indique que l'enjeu de la suppression du contact roue/rail n'est pas déterminant dans l'économie d'un système à grande vitesse. Ceci est d'autant plus vrai que le remplacement du contact roue/rail par un autre système ne se traduirait pas par une économie pure et simple : il faut de toute façon un système de guidage et un système de propulsion. A titre d'information il est intéressant de signaler que l'entretien de voie de la ligne nouvelle Paris-Lyon ne nécessite en personnel qu'un effectif de 103 agents. En outre, ce ratio devrait encore baisser pour le TGV Atlantique puisque la motorisation de la rame sera réduite de 6 à 4 bogies moteurs grâce à l'adoption de moteurs synchrones.

Pour la poursuite de la comparaison avec les autres trains rapides et express de la SNCF, un résultat intermédiaire doit être établi : = l'excédent brut d'exploitation égal aux recettes diminuées des frais d'exploitation et des charges d'intérêt et d'amortissement du matériel roulant. En 1984, l'excédent brut d'exploitation attendu pour le TGV Sud-Est est de 1 278 MF ; il représente 45 % des recettes, alors que le ratio comparable pour les autres trains rapides et express est de 17 %.

Enfin, le résultat net de l'activité peut être obtenu en soustrayant de l'excédent brut d'exploitation les charges financières réelles (la SNCF n'a reçu aucun concours des pouvoirs publics pour construire la ligne nouvelle) et les amortissements des installations fixes. Pour 1984, ce résultat est positif. Le projet permet donc de dégager une contribution nette dès la première année d'exploitation complète.

Cette contribution doit croître assez rapidement étant donné que l'excédent brut est à la fois indexé sur la dérive générale des prix et la croissance du trafic alors que les charges financières des installations fixes sont décroissantes en francs courants du fait de l'utilisation de la contribution nette pour le remboursement de l'endettement dont la date d'extinction est prévue vers la fin de la décennie en cours, en fonction de l'évolution de l'inflation et des taux d'intérêt.

Le compte d'activité fournit en outre les bases nécessaires à l'établissement des prix de revient. A cet égard, une comparaison des prix de revient du TGV et de l'avion est intéressante. Ceci a été effectué pour le transport d'un voyageur de Paris à Lyon en TGV et en Airbus (314 places), tous deux occupés à 65 %. L'ensemble des charges techniques liées à la circulation du TGV (énergie, entretien de la rame, conduite et accompagnement) ainsi que des charges d'intérêt et d'amortissement de la rame, est même en 1^{er} classe, inférieur à la seule dépense en carburant par la voie aérienne.

V. Conclusion

L'évaluation économique et financière est fondamentale pour l'appréciation des grands projets. Elle doit être conduite en harmonie avec les règles adoptées pour les autres modes de transport tout en respectant les spécificités du projet analysé car elle constitue aussi un outil important de son optimisation.

Ces raisons imposent que la plus grande cohérence possible relie tous les paramètres qui concourent à l'élaboration des résultats. Aussi, les très nombreuses itérations et les multiples calculs de sensibilité excluent, de plus en plus, le traitement manuel du problème économique. Au contraire, l'automatisation des calculs le rend possible tout en assurant une liaison constante entre les paramètres et les contraintes du système. La SNCF a accompli de grands efforts dans l'informatisation de ce processus et envisage encore une intégration plus poussée de ses moyens actuels.

ACTUALISATION

PRINCIPES

- calcul en monnaie constante
- équivalence entre S_0 et S_j

$$S_0 = \frac{S_j}{(1+i)^j}$$

(i est le taux d'actualisation)

BÉNÉFICE ACTUALISÉ

$$BA(i) = \sum_{j=0}^n \frac{\Delta R_j - \Delta I_j - \Delta EX_j}{(1+i)^j}$$

TAUX DE RENTABILITÉ

$$BA(r) = 0$$

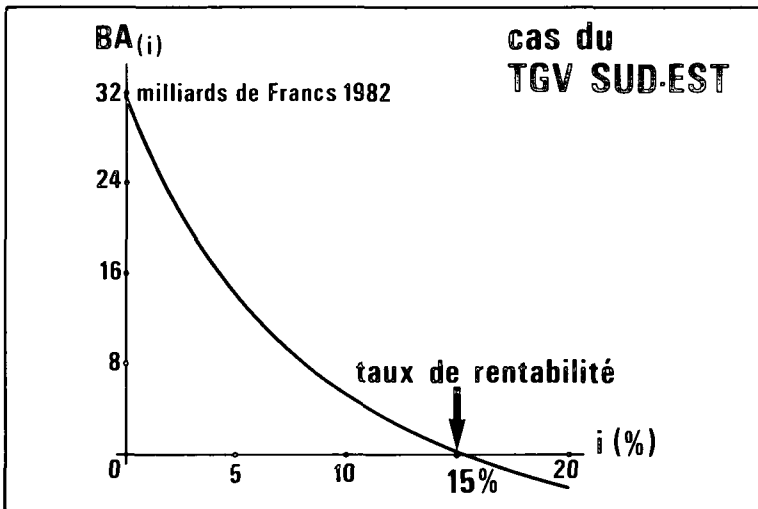
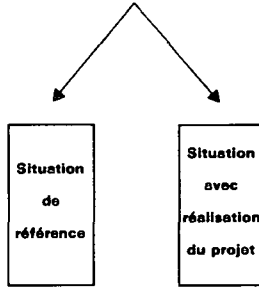


Figure 1.

BILAN ECONOMIQUE DIFFERENTIEL

Comparaison entre 2 situations



• Investissements en installations fixes	<i>if</i>
• Investissements en matériels roulants	<i>mr</i>
• Recettes	<i>r</i>
• Charges d'exploitation	<i>ex</i>

<i>IF</i>	• bilan différentiel d'investissement
<i>MR</i>	$\Delta I = (IF - if) + (MR - mr)$ (ΔI_j , pour l'année <i>j</i>)
<i>R</i>	$\Delta R = (R - r)$ (ΔR_j , pour l'année <i>j</i>)
<i>EX</i>	$\Delta EX = (EX - ex)$

Cas du TGV Sud-Est

ΔI	=	<ul style="list-style-type: none"> + Ligne Nouvelle + Rames TGV - Quadruplement des voies de la ligne ancienne entre Saint-Florentin et Dijon - Matériels classiques (voitures et locomotives)
ΔR	≠	<ul style="list-style-type: none"> Recettes du trafic nouveau
ΔEX	=	<ul style="list-style-type: none"> + Charges d'exploitation avec TGV - Economies d'exploitation pour le trafic se reportant des trains classiques sur le TGV

Figure 2.

CHARGES AFFECTABLES AU TGV SUD-EST (année 1984)

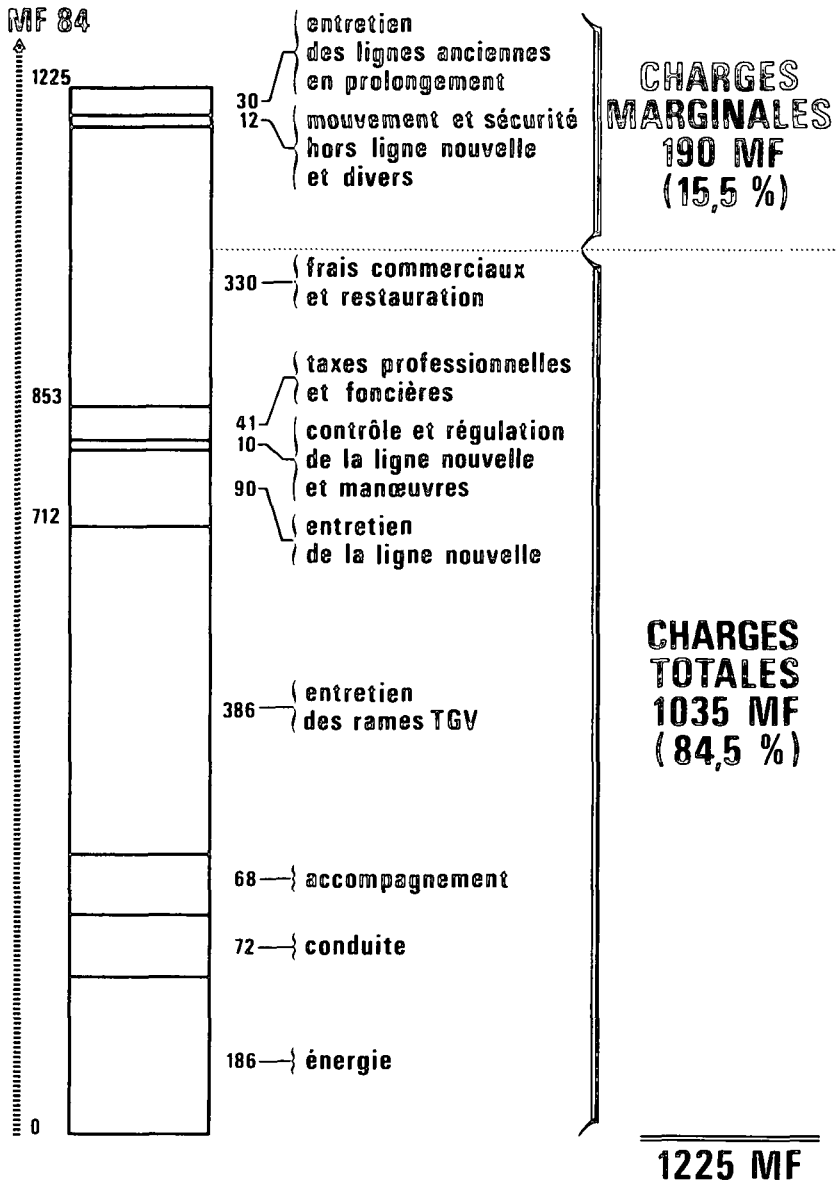


Figure 3.

SIMULATION FINANCIÈRE DIFFÉRENTIELLE DU TGV SUD-EST

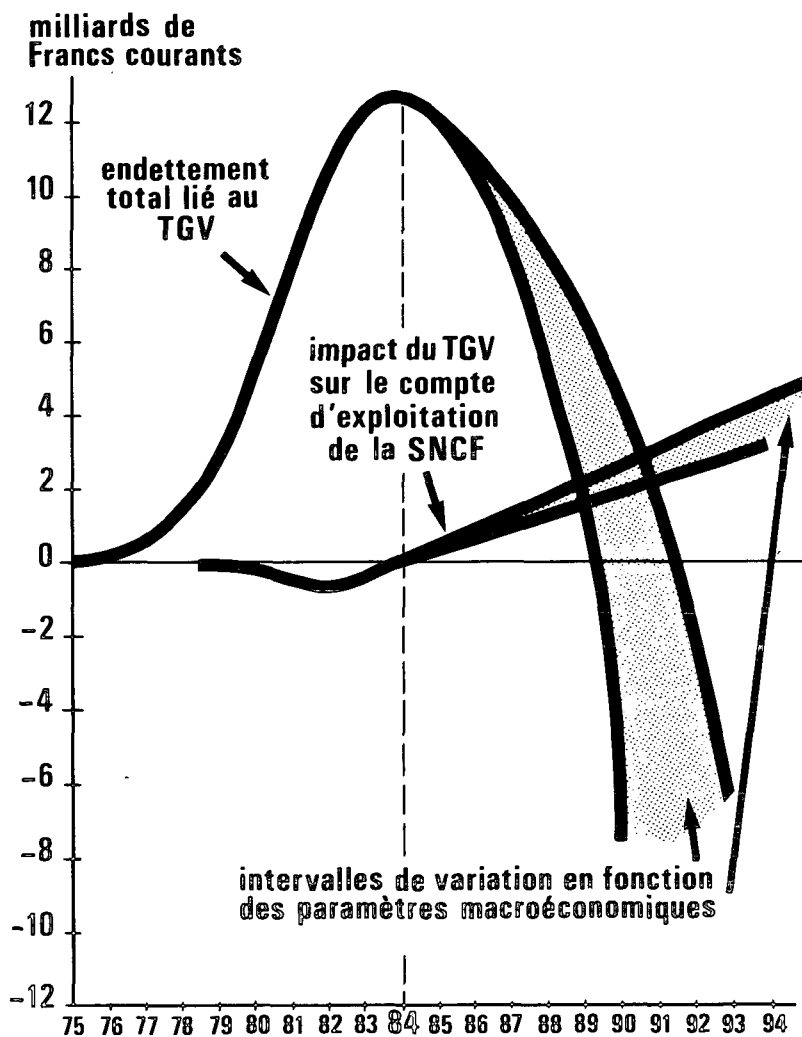


Figure 4.

ANALYSE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

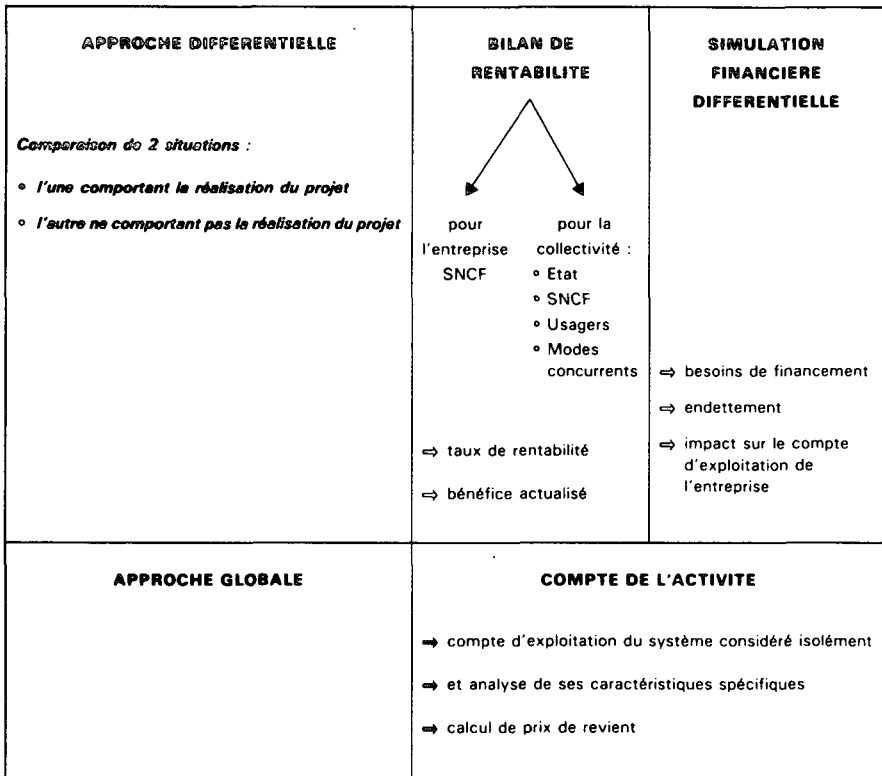


Figure 5.

COMPTE DE L'ACTIVITÉ DU TGV SUD-EST (année 1984)

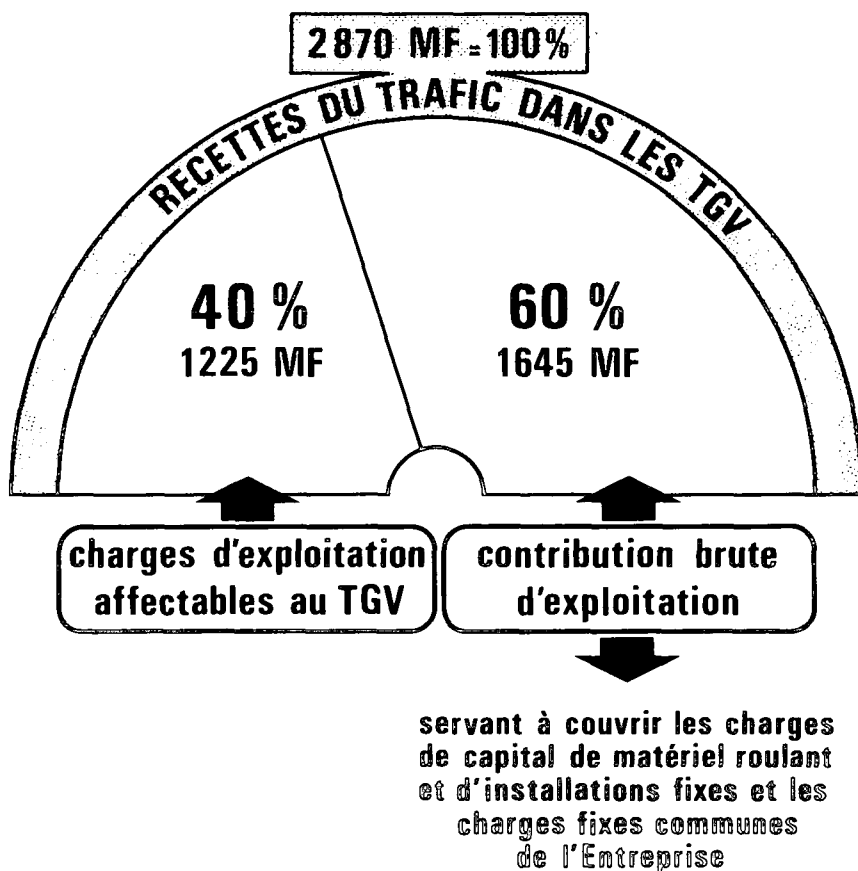
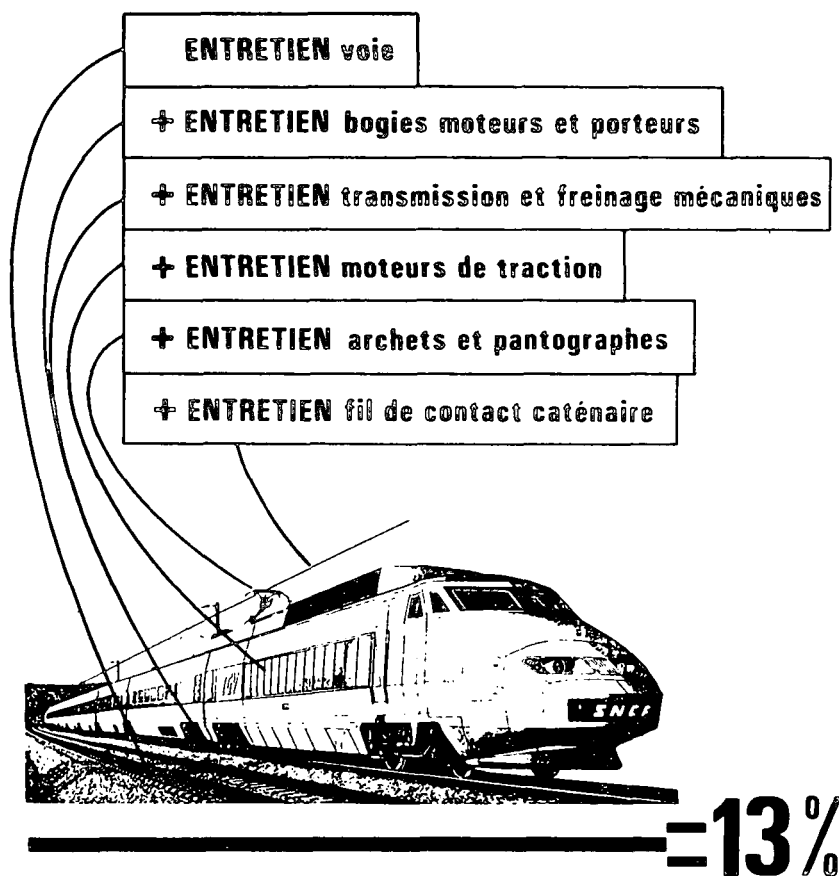


Figure 6.

SYSTÈME ROUE-RAIL AVEC TGV
● RATIO SPÉCIFIQUE ●



ENSEMBLE DES CHARGES D'EXPLOITATION

Figure 7.

COMPARAISON DES FRAIS D'EXPLOITATION POUR LE TRANSPORT D'UN VOYAGEUR ENTRE PARIS ET LYON EN AIRBUS ET EN TGV (occupés à 65%)



AIRBUS

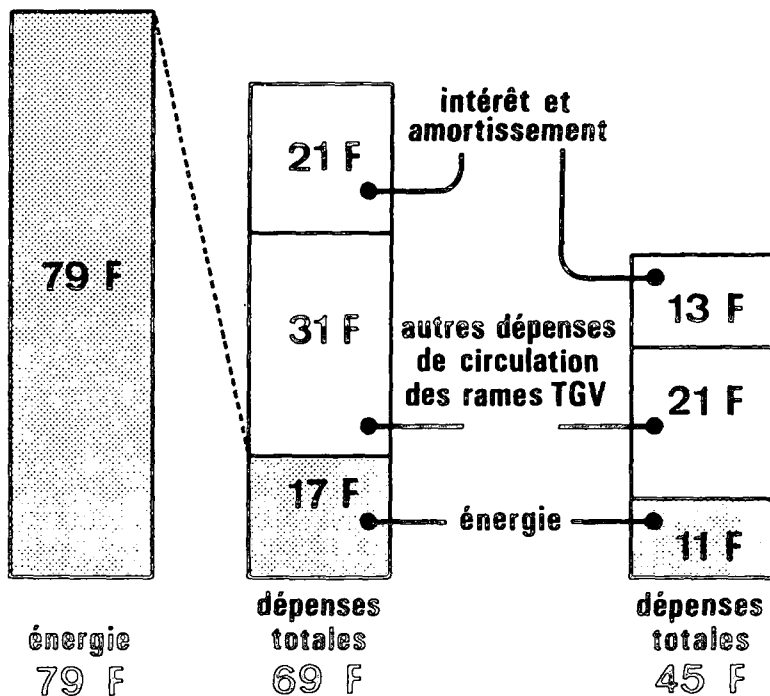
314 places

5900 litres de
carburéacteur

TGV

TGV
1ère classe

TGV
2ème classe



(FRANCS 1983)

Figure 8.

Réflexions sur les moyens d'assurer le succès économique des systèmes de chemin de fer à grande vitesse dès le stade de leur conception

M. Heinisch
Deutsche Bundesbahn

RFA

I. Préambule

Tout le monde s'accorde à penser que les trains à grande vitesse constituent l'une des rares chances stratégiques offertes au chemin de fer pour la reconquête de parts intéressantes du marché du transport. Le chemin de fer, qui fait appel au système roue/rail, n'exploite pas pleinement les atouts technologiques qu'il détient déjà, sans parler de ceux dont il n'a pas encore vraiment conscience. Cette chance stratégique ne constitue une source potentielle de réussite économique que si la circulation à grande vitesse est exclusivement considérée et exploitée comme une activité essentiellement commerciale, c'est-à-dire en fonction de critères économiques propres et en jouant pleinement le jeu de la libre concurrence.

Il faut notamment que les risques accompagnant tout investissement soient toujours, dans l'esprit d'une gestion équilibrée, bien circonscrits afin d'accroître la possibilité de réussite économique du projet. Les risques les plus importants consistent en une surévaluation des capacités et en une évolution incontrôlée des coûts afférents à chaque unité de prestation offerte. Seuls des objectifs sévères en matière de résultats et de taux d'occupation permettent d'obvier à ces risques.

Il importe, bien sûr, en concurrence avec les moyens financiers que l'Etat met à la disposition des autres modes de transport, de mettre l'accent sur les avantages pour l'ensemble de l'économie et de les quantifier afin d'établir des comparaisons : nous sommes, à cet égard, fermement convaincus que les bilans économiques globaux que l'on établit actuellement sur le papier sont plus que vérifiés dans la réalité et que les effets économiques et sociaux positifs du rail sont, aujourd'hui encore, sous-évalués.

II. Analyse de la situation de la DB et stratégie de l'entreprise pour les années 90

Toutes les réflexions relatives aux activités passées et nouvelles doivent tenir compte de la situation globale de la DB. Ce n'est que dans le cadre d'une stratégie globale qu'il y a une chance de voir les différentes stratégies

d'activités se réaliser, principalement parce que c'est là un aspect déterminant pour le cadre des investissements et que la structure générale des prestations et des coûts a une influence indirecte, et même parfois directe sur chaque secteur d'activités et partant, une incidence sur la compétitivité des nouveaux systèmes destinés à la grande vitesse.

La situation de la DB s'est rapidement dégradée au cours des décennies écoulées. Dans tous les secteurs d'activités, on a assisté à une baisse de son importance sur le marché : pour le trafic voyageurs, la part de marché du chemin de fer exprimé en prestations est passée de près de 40 % en 1950 à moins de 7 % en 1982 (pour une légère diminution du volume transporté), pour le trafic marchandises, elle est passée de plus de 60 % en 1950 à près de 35 % (pour un volume en nette diminution à partir de 1970) (fig. 1 à 4).

La situation économique de la DB prenait, dans le même temps, un tour catastrophique ; malgré les concours financiers de l'Etat considérablement accrus, le déficit a augmenté de 3 milliards de DM entre 1970 et 1982 pour atteindre 4,2 milliards de DM à cette date ; l'endettement a atteint un montant supérieur à 35 milliards de DM (fig. 5). Un chiffre significatif met bien en évidence cette baisse dramatique de la compétitivité et des résultats de l'entreprise : si les recettes propres couvraient encore près de 80 % des dépenses en 1970, elles ne représentaient, en revanche, plus que 35 % environ de celles-ci en 1982.

Les causes de cette évolution critique se situent, outre dans des effets de structures externes importants, principalement dans une compétitivité de plus en plus faible correspondant à une évolution trop lente de la productivité à la suite, notamment d'une adaptation insuffisante des capacités à l'évolution des prestations et des rendements économiques quelles que soient les responsabilités qui, en dernière analyse, puissent être mises en cause. La forte baisse de la compétitivité du rail par rapport à la route s'explique surtout – la République fédérale en est le meilleur exemple – par l'extension et l'amélioration qualitative du réseau routier.

Si l'évolution des finances de la DB constatée jusqu'en 1982 s'était poursuivie sans aucun frein, elle aurait, dès l'année 1990, fait naître de très sombres perspectives, telles que l'Etat, pas plus que n'importe quel dirigeant d'entreprise, ne saurait les tolérer : aggravation accrue du déficit de 4 à 10 milliards de DM ; chaque année 7 milliards auraient été consacrés au service de la dette et des emprunts annuels nets de 12 milliards de DM environ auraient été nécessaires ; l'endettement aurait alors été de 90 milliards de DM contre 35 milliards en 1982 (fig. 5).

La direction de la DB et le gouvernement ont tiré les conséquences de cette analyse lucide de la situation et des perspectives de l'entreprise. Ils ont défini une stratégie radicale pour l'ensemble de l'entreprise, c'est-à-dire pour toutes les activités qui veulent garder une chance pour l'avenir :

– la compétitivité du chemin de fer doit être nettement améliorée dans les secteurs pour lesquels ce mode de transport est bien adapté aux effets recherchés ou pour lesquels une coopération avec les autres transporteurs présente un intérêt certain ;

– la productivité mesurée par rapport au chiffre d'affaires doit être améliorée et atteindre le niveau des autres modes de transports concurrents. Cet effort

doit inclure une amélioration de la structure des recettes et une politique sélective des activités ;

– il importe de concentrer les investissements sur les secteurs d'avenir et de les affecter plus nettement aux mesures visant à augmenter la qualité et la productivité.

Se référant à cette stratégie de base, la direction de la DB a, au cours de l'année écoulée, en accord avec le ministre fédéral des Transports, défini sa stratégie d'entreprise « DB 90 » dont les principaux objectifs et données de base ont été entre temps repris dans la planification économique de la DB. Se référant à une part de marché réaliste à conquérir, les objectifs stratégiques suivants ont été définis et poursuivis chaque année :

– augmentation de la productivité (recettes propres/P) de 40 % en termes réels ;

– réduction des frais de personnel de 30 % en termes réels ;

– réduction de l'ensemble des dépenses de 25 % en termes réels.

Ces objectifs doivent être atteints par un ajustement des prestations et des capacités. A cet égard la DB doit fonder ses calculs sur des concours financiers de l'Etat fédéral limités en principe à une légère augmentation (plafonnement) – contrairement aux exigences d'une consolidation financière durable – et au plus sur des emprunts nets de 2,5 milliards de DM par an. Cette stratégie permettrait de maintenir globalement le déficit au niveau actuel jusqu'en 1990 et de limiter l'endettement à 52 milliards de DM environ. Cette fixation du montant des emprunts autorisés conduit en principe à définir la marge de manœuvre disponible pour les investissements à venir. Il n'existe de marge de manœuvre supplémentaire pour de nouveaux investissements que dans la mesure où la direction de l'entreprise réussit à dégager des moyens par une amélioration des résultats des activités et une limitation des investissements pour renouvellements.

Des efforts très importants et une gestion intelligente seront nécessaires pour effectuer les 40 milliards de DM d'investissements (dont environ 14 milliards sont affectés à l'aménagement de lignes existantes) prévus par la stratégie d'entreprise pour la période 1984-1990 au profit de moyens de production appropriés et porteurs d'une amélioration de qualité.

Ainsi la DB se trouve aujourd'hui plus que jamais placée devant l'obligation d'atteindre une rentabilité économique des investissements qu'elle effectue ; la simple référence à la « satisfaction des besoins du trafic » est en contradiction avec les nécessités stratégiques constatées.

Toutes les réflexions et activités se rapportant à la circulation à grande vitesse doivent intervenir en référence constante à la situation broyée plus haut, en d'autres termes la circulation à grande vitesse doit contribuer positivement aux efforts de consolidation et ne doit en aucun cas menacer ou entraver le processus actuel d'augmentation de la productivité et d'adaptation des capacités.

III. Situation économique de certains secteurs d'activités

Les données suivantes permettent de déterminer la place relative occupée par différents secteurs d'activités.

Le chiffre d'affaires (recettes du trafic plus prestations spécifiques de l'Etat fédéral) se répartissait environ ainsi en 1983 (fig. 6) :

– trafic ferroviaire marchandise (trafic de détail compris)	42 %
– trafic ferroviaire voyageurs sur courte distance (trains)	26 %
– trafic ferroviaire voyageurs sur longues distances (trains)	15 %
– camion, autocar et bateau	11 %
– bagages, colis express, poste	5 %

Seuls les secteurs car et bateau ont présenté des résultats positifs pour l'exercice 1983. Les activités sources de pertes – en tenant compte intégralement des coûts de la voie – ont représenté environ les pourcentages suivants dans le manque de couverture intégrale des coûts :

– trafic ferroviaire marchandises (trafic de détail compris)	49 %
– trafic voyageurs sur courte distance (trains)	24 %
– trafic voyageurs longue distance (trains)	11 %
– camion, autocar et bateau	11 %
– bagages, colis express, courrier	16 %

Il faut signaler ici que pour le trafic voyageurs longue distance, les trains InterCity (IC) ont présenté une contribution positive aux résultats économiques de la DB – en tenant compte, ici aussi, du coût correspondant de la voie.

Les *données structurelles des trains IC* en relation avec le trafic voyageurs grandes lignes pris dans son ensemble présentent aussi un certain intérêt ; les trains IC ont représenté en 1983 :

- 23 % des voitures
- 36 % des essieux-km ou 31 % des trains-km
- 34 % du prix de revient
- 38 % des voyageurs/kilomètres
- 43 % des recettes d'exploitation.

Ces chiffres présentent pour le secteur d'activités trafic voyageurs grandes lignes et notamment pour le trafic IC actuel une situation structurelle et économique de départ favorable pour le passage à une circulation à grande vitesse sur le réseau ferroviaire de la République fédérale ; il n'en reste pas moins que ce secteur n'occupe encore qu'une place relativement restreinte dans l'ensemble des activités de la DB.

IV. Possibilités de développement stratégique et exigences affectant le secteur trafic voyageurs grandes lignes

L'analyse des perspectives stratégiques d'un secteur d'activités fait apparaître deux aspects essentiels :

- l'examen du marché incluant les questions relatives à la position présente les perspectives pour une augmentation de la part globale de l'entreprise ainsi que celle des différents secteurs.

• analyse des potentialités de développement interne pour une amélioration de la situation de concurrence comprenant la qualité des prestations soumises à la concurrence ainsi que la structure des coûts.

A. Examen du marché

1. Position sur le marché

La définition d'un paramètre significatif relatif à la part de marché pose de gros problèmes, en particulier dans le domaine des transports, si l'on ne veut pas créer des paramètres exclusivement utiles pour le calcul. La *part de marché purement arithmétique* de la DB, pour ce qui est du trafic voyageurs grandes lignes, n'est certes globalement que de 10 % environ (exprimée en voyageurs/kilomètres); un examen relation par relation donne toutefois un autre tableau. Le produit InterCity n'étant, par exemple, offert que sur certaines relations (marché limité), la structure des prestations (qualité) et la position face à la concurrence ainsi que, dans une certaine mesure, la structure des coûts, présentant des différences d'une relation à l'autre, les pourcentages globaux relatifs aux parts de marché ne présentent pas une valeur indicative incontestable. Il importe, à cet égard, lors de la conception de chaque relation, d'effectuer une évaluation différenciée.

Il existe cependant un paramètre global très précieux pour l'évaluation des potentialités stratégiques de réussite qu'il importe d'introduire ici : la *part relative du marché* qui est le ratio de la part du fer sur celle du concurrent le plus important ou le plus proche, qui intervient de manière homogène sur ce marché.

Si l'on pose que chaque automobiliste ou entrepreneur de transports routiers de voyageurs interviennent individuellement sur ce marché et produisent, chacun pour soi, une prestation, la DB détient dans ce cas, la part relative du marché la plus importante de la République fédérale, loin devant la Deutsche Lufthansa (pour ce qui est de l'offre des moyens de production, de l'infrastructure et du matériel ainsi que de l'énergie, force est d'admettre que la situation est différente — c'est là qu'interviennent les activités stratégiques des concurrents).

2. Croissance du marché

Les prévisions actuelles à long terme (Prognos, octobre 1983) évaluent la croissance du marché voyageurs longues distances en RFA par rapport à 1982 à 18 % environ jusqu'en l'an 2000. La croissance plus que proportionnelle de 87 % environ des voyages d'affaires et de 20 % environ des voyages d'agrément constitue, dans ce contexte, un aspect intéressant pour le chemin de fer. Il ne faut cependant pas, lors d'une étude de stratégie, considérer ces prévisions comme un « cadeau du ciel » et non pas seulement à cause des incertitudes qui les affectent : en effet, un comportement purement passif mettrait en péril la participation même au développement général; en revanche, il existe dans le trafic voyageurs longues distances précisément, une chance de profiter plus que proportionnellement de la croissance du marché pour peu que l'on développe des produits nouveaux.

B. Potentialités de développement interne

L'évaluation rationnelle des possibilités de développement interne ne peut se faire que par rapport à la concurrence. Cela ne s'applique pas seulement aux modifications de qualité possibles (« automobile assagie » par exemple en matière de gaz d'échappement et vitesse) mais aussi à la marge de manœuvre propre à l'entreprise en matière de tarifs par rapport à l'évolution momentanée des coûts.

1. Qualité des prestations soumises à la concurrence

Le chemin de fer a sans conteste un retard à combler pour ce qui est des principales caractéristiques des prestations offertes. Toutes les améliorations apportées à l'offre ne reçoivent cependant pas, de la part du marché, un accueil correspondant aux dépenses engagées. En ce qui concerne le critère primordial : le temps de parcours, la DB n'apporte pas sur le marché la qualité que le matériel roulant ou la technologie rail/roue autorisent. Bien que la DB maîtrise parfaitement, depuis des décennies, la grande vitesse de 200 km/h et qu'elle dispose d'un parc suffisant de matériel roulant, la vitesse moyenne commerciale des trains IC n'est que de 100 km/h. La raison en est que 1/10^e seulement des liaisons IC sont conçues pour des vitesses de 200 km/h. Des vitesses commerciales de 150 km/h environ seraient possibles dans la pratique en présence d'infrastructures idéales (réseau de lignes nouvelles uniquement) avec des vitesses maximales de 200 km/h en tenant compte, bien entendu, des situations topographiques et démographiques. Une augmentation de la vitesse maximale de 200 km/h à 250 km/h permettrait même d'atteindre, en fonction des distances entre les arrêts, une vitesse commerciale comprise entre 170 et plus de 200 km/h. Un gain de temps d'une heure à une heure et demie – 60 % environ par rapport au temps de parcours actuel – serait alors possible sur la liaison Francfort-Cologne. Une comparaison des vitesses sur des distances mesurées à vol d'oiseau – argument efficace sur le marché – (rapport distance à vol d'oiseau/temps de parcours de gare à gare) montre encore plus nettement combien il est difficile, aujourd'hui, pour le rail de faire jouer son avantage spécifique : la majeure partie des liaisons de la DB est effectuée à une vitesse commerciale comprise entre 60 et 70 km/h. Nous savons que le dense réseau d'autoroutes de la République fédérale permet au concurrent direct du chemin de fer, l'automobile, de réaliser sans difficultés une vitesse moyenne de 100 km/h sur nombre de relations. Les grands détours faits parfois par les lignes de chemin de fer ainsi que le tracé concentré dans un espace exigu font que la DB n'atteint cette qualité de prestation que sur un nombre réduit de liaisons. Une infrastructure idéale et une vitesse de pointe de 250 km/h autoriseraient une vitesse sur distance à vol d'oiseau supérieure à 160 km/h, par conséquent le double de la vitesse commerciale actuelle. Cela entraînerait, même en utilisant une technologie disponible et éprouvée, un nouveau positionnement du rail par rapport à l'avion et à l'automobile pour ce qui est des termes relatifs de la concurrence. Il n'est pas dans notre intention de produire ici des évaluations de potentiels relevant plutôt de la spéculation et portant sur un chemin de fer idéal, mais des études de marché ont clairement montré qu'une réduction des temps de parcours améliore sensiblement les potentialités commerciales et que celles-ci sont nettement supérieures à une participation pure et simple à la croissance normale du marché.

Le temps de parcours passé dans le train n'est pas l'unique critère de compétitivité. Sachant que sécurité, exactitude, fiabilité et espace constituent déjà de véritables avantages par rapport à la concurrence, les potentialités de développement qu'ils recèlent ne présentent pas d'attrait supplémentaire pour le marché ; il faut, bien au contraire, veiller à ce qu'un accroissement des exigences ne crée pas de pressions supplémentaires sur les coûts spécifiques par unité de prestation.

Il existe par contre un retard à combler par rapport à la concurrence pour ce qui est de la fréquence des trains/fréquence de la desserte, l'absence de correspondances/liaisons directes, le confort (agrément, propreté, le cas échéant, espace disponible en 2^e classe), le service (orienté en fonction des différents types de clientèle), l'accessibilité/interconnexion avec d'autres systèmes de desserte ferroviaire ou routière (notamment automobile) et le niveau d'information (sur l'offre concrète de transport) ; le chemin de fer dispose encore, à cet égard, d'un grand potentiel de développement créé automatiquement pour ce qui est de la fréquence des trains et des liaisons directes par exemple, par l'augmentation de la demande induite par l'élévation des vitesses commerciales.

L'importance de l'accessibilité et de l'interconnexion des systèmes à grande vitesse avec les transports affluents s'explique par le fait qu'aujourd'hui, 8 % seulement du trafic voyageurs grandes lignes intervient de bout en bout entre les dix plus grandes agglomérations.

Une approche différenciée du critère prix s'impose également si l'on souhaite tirer pleinement profit des autres possibilités de développement ; le prix pour le voyageur individuel est certes concurrentiel, pour les automobilistes normaux (couples, familles), il constitue cependant pour le salarié moyen un seuil très élevé.

En résumé, on peut constater, du moins sur le plan de la qualité, que le chemin de fer dispose encore d'importantes potentialités de développement internes, susceptibles de contribuer à la conquête de parts supplémentaires du marché voyageurs longues distances. Il est prédestiné, grâce aux caractéristiques de son système, pour la desserte d'axes reliant des centres urbains et économiques importants, surtout si des réseaux et des points d'accès à l'intérieur des villes mêmes sont utilisables. Les avantages imprénables du fer, par rapport à la concurrence permettent justement d'espérer, en cas d'utilisation exhaustive, les effets les plus significatifs sur le marché.

2. Structure des coûts

Les perspectives d'évolution des coûts sont importantes à double titre : d'une part, pour l'influence directe qu'ils ont sur le résultat économique, d'autre part, parce qu'ils déterminent à plus ou moins long terme la limite inférieure des prix.

Le trafic voyageurs grandes lignes et une future circulation à grande vitesse profiteront aussi des progrès de productivité globaux résultant de l'application de la stratégie d'entreprise DB 90, même si une grande partie de la décharge de coûts sera nécessaire à la consolidation financière. Il ressort cependant de l'évaluation des potentialités internes que le trafic grandes lignes en particulier ne présente pas de potentiel de rationalisation important, mais qu'il

révèle, bien au contraire, des tendances génératrices de surcoûts. Cela tient, d'une part, à l'importance des caractéristiques du service exigées par la clientèle et, d'autre part aux exigences accrues imposées au matériel roulant en matière de confort et de vitesse. C'est ainsi que, par le passé, les coûts afférents au matériel roulant par voiture de voyageurs et par place assise ont enregistré une augmentation plus que proportionnelle et que dans le même temps, le taux d'occupation des trains/places assises a connu une baisse constante. Cette situation débouche inéluctablement, pour une évolution non proportionnelle des prix, sur une dégradation du rapport recettes/matériel roulant. C'est là un risque supplémentaire pour l'évolution des résultats financiers, si l'on ne remédie pas à cette situation en retenant des objectifs et des critères d'occupation très sévères lors du dimensionnement de l'offre. Les industries ferroviaires et les chemins de fer européens devraient tenter, par le biais de développements et de réalisations communs plus nombreux, d'exploiter les possibilités de réduction de coûts.

Les infrastructures destinées aux circulations à grande vitesse constituent un autre facteur de coûts. La construction de lignes nouvelles n'engendre pas seulement – en fonction du mode de financement par l'Etat ou la DB – des charges de capital, mais aussi des frais courants pour les amortissements et l'entretien. Les risques résident dans un surdimensionnement n'ayant pas d'effet commercial positif (par exemple, capacités et standards qui ne sont pas utilisés). Les surcapacités sont inéluctablement à l'origine de pressions supplémentaires sur les prix (« contrainte d'occupation »). La construction de lignes nouvelles constituant néanmoins, pour de nombreuses relations, une des conditions essentielles pour une circulation à une vitesse supérieure à 200 km/h, force est, d'inciter à une conception de l'infrastructure nouvelle répondant aux exigences spécifiques et à une limitation très sévère des capacités.

En outre, la mise en place d'une infrastructure concurrentielle ressortit, à notre avis, d'une mission et de la responsabilité de l'Etat qui doivent pour le moins se concrétiser sous forme d'une participation financière, afin de dégrever les activités et les résultats de la DB. Les coûts d'entretien constituent, dans les comptes de la DB, une charge fixe élevée qui doit, autant que possible, être limitée dès le stade de la conception technique.

C. Conditions visant à garantir le potentiel de succès d'une circulation à grande vitesse

Une fois posée la faisabilité technique et économique d'une circulation à grande vitesse dans une plage comprise entre 250 et 300 km/h – la technologie roue/rail possède à cet égard un avantage de développement et la DB le revendique également pour elle-même – il est alors relativement facile de mettre en évidence les risques encourus : ils résident dans l'évaluation de l'évolution du marché et de l'impact commercial ainsi que dans la réalisation et dans les investissements correspondant à des exigences quantitatives et qualitatives définies. Les incertitudes liées à l'évaluation de l'évolution du marché et de l'impact commercial ne peuvent être atténuées que par des études de sensibilité (scénarios, par exemple) et par des analyses de la demande simulées et empiriques supplémentaires (ébauches de comportement en situation etc.). Le succès rencontré par le TGV apaise les inquiétudes, l'expérience pratique étant encore le meilleur des modèles de simulation connu ; il importe, bien sûr, d'appréhender et de prendre en

compte les différences affectant les conditions rencontrées en République fédérale et en France par exemple.

Le véritable risque réside cependant dans les investissements effectués sur la base de ces études. Il ne faut pas concevoir les trains à grande vitesse en se fondant sur les critères de dimensionnement traditionnels qui ont cours dans les entreprises de chemin de fer classiques. L'utilisation de ces critères ne posaient peut-être pas de problèmes quand les sociétés de chemin de fer étaient encore en mesure, de par leur situation de monopole, de transférer tous les coûts. Les principes d'action non écrits qui se résumaient par « C'est toujours utile » et « On pourra peut-être en avoir besoin un jour » doivent être impérativement abandonnés. Des équipements concurrentiels pour la circulation à grande vitesse doivent être strictement conçus en fonction d'objectifs économiques et des exigences d'occupation correspondantes. Cette nouvelle philosophie implique deux exigences primordiales :

– conception d'un système global adapté (différencié selon les relations) au sens d'un développement intégré des produits incluant tous les aspects techniques, commerciaux et relatifs à l'exploitation.

Un système de circulation à grande vitesse relevant de la technologie roue/rail ne se créant pas dans le vide, il existe toujours des paramètres donnés limitant la marge d'optimisation. A la DB, par exemple, les lignes nouvelles en construction furent conçues à l'origine dans le cadre d'un programme précis d'entreprise élaboré sur la base de prévisions d'un important trafic marchandises ; il arrive aussi que les progrès techniques réalisés dans le domaine de la traction autorisent d'autres paramètres pour le tracé. Il est important de se référer à chaque phase de développement et d'exploitation à tous les paramètres de l'ensemble du système et de l'évaluer pour chaque opération en fonction de la contribution qu'elle apporte au succès économique du projet.

– occupation accrue du matériel roulant voyageurs qui constitue l'unique contribution à la réduction dégressive des coûts afférents aux prestations (comparable à l'augmentation du gain pour la fabrication des biens industriels).

En présence d'une infrastructure donnée, le dimensionnement constitue le paramètre d'intervention décisif, parce que disponible, pour le succès économique. Dans le cas particulier d'une mise à la disposition par l'Etat de l'infrastructure et d'une production liée, l'exploitation du matériel roulant financé par des fonds propres et la gestion du personnel en service devient pour la circulation à grande vitesse, un véritable critère de réussite : plus le moyen de production est dispendieux, plus le taux d'occupation déterminant pour le chiffre d'affaires, est élevé. Le taux d'occupation ayant des limites naturelles – imposées par le type-même des activités de transport mettant en œuvre des marches de trains et par la fluctuation de la demande – il est d'autant plus nécessaire de pallier ce handicap par des mesures tarifaires, une réglementation de l'accès (réservations) ainsi que par une desserte très différenciée adaptée aux flux du trafic. Il faut en outre compléter, le cas échéant, remplacer les critères classiques de dimensionnement (taux d'occupation sur les tronçons les plus chargés, par exemple) par des objectifs orientés vers la productivité ou le chiffre d'affaires (chiffre d'affaires par place assises, par exemple).

Les différentes exigences résumées plus bas s'appliquent aussi au processus de décision relatif à la construction de lignes nouvelles et à l'aménagement

des lignes existantes, c'est-à-dire à l'ensemble de la conception du système grande vitesse :

A. analyse rationnelle, différenciée et adaptée à chaque relation, des potentialités du marché (les prévisions ayant un rôle de guide, uniquement ; études de sensibilité ; l'impact de mesures prises est plus décisif que l'évolution résultant d'un statu quo) ;

B. exploitation optimale, et non maximale, des potentialités du marché (toutes les relations ne recèlent pas le potentiel requis pour un succès) ;

C. couverture aussi large que possible des marchés ; catégories de clientèle sur les relations intéressantes ;

D. limitation de l'offre de dessertes aux potentiels intéressants (lors de l'établissement de liaisons, de fréquences et, partant, de capacités : étude du profit marginal orientée sur les taux d'occupation. A quoi sert une augmentation de capacité ?) ;

E. aménagement de l'infrastructure dans le cadre de la planification des voies de communication de la République fédérale.

Les lignes aménagées du réseau et les lignes nouvelles en construction sont connues de tous, ainsi que le fait qu'elles sont aussi conçues pour le trafic marchandises (légères) exigeant un délai de livraison rapide ; par conséquent elles offrent à ce dernier des améliorations importantes sur le plan de la quantité et de la qualité. La date d'achèvement des deux lignes nouvelles correspond à la mise en service d'une nouvelle génération de trains à grande vitesse prévue pour 1990/1991.

Pour la phase actuellement en cours de la planification des voies de communication de la République fédérale, la DB s'est fixé les critères d'objectifs suivants :

- améliorer la compétitivité du chemin de fer par une meilleure infrastructure ;
- éviter des charges supplémentaires dues à des capacités et des éléments de tracé superflus ou trop dispendieux.

Il s'ensuit les mesures prioritaires suivantes :

- amélioration de la qualité (intéressant en priorité la circulation à grande vitesse) ;
- extension de la capacité uniquement en relation avec les améliorations de qualité.

La question du tracé : ligne affectée à une circulation mixte ou ligne exclusivement réservée à la grande vitesse qui suscite très souvent des débats passionnés, est abordée de manière très pragmatique par la DB en fonction d'une philosophie à deux niveaux :

- nous concevons de nouvelles lignes ouvertes aussi au trafic marchandises chaque fois qu'un tracé exclusivement réservé au trafic voyageurs n'entraînerait pas d'accroissement plus que proportionnels en matière de coûts ; la DB se préserve donc une option « bon marché » pour le trafic marchandises ;
- autant que possible, couverture de toutes les catégories de clientèle, notamment les voyageurs de 2^e classe (la part de la 2^e classe dans le trafic Intercity est actuellement de 80 % environ) ;
- service concentré sur les relations empruntant des lignes nouvelles utilisant tout le potentiel disponible dans le couloir géographique (pas de liaison

superposée point à point) et reliant des lignes anciennes afin de constituer un grand nombre de liaisons directes et de favoriser une exploitation aussi répandue que possible de la nouvelle image de marque du produit (le trafic point à point serait insuffisant). Il en résulte donc l'obligation de compatibilité du trafic grande vitesse avec les lignes anciennes :

- connexion avec les autres lignes Intercity qui continueront, dans un premier temps d'être exploitées avec du matériel roulant existant ;
- planification de lignes et fixation de la densité de l'offre doivent être effectuées de manière différenciée en fonction des relations et des plages horaires, en d'autres termes, elles doivent être orientées en fonction des potentialités exploitables ; l'objet visé par la DB à cet égard est un taux moyen d'occupation de 60 % environ ;
- les couvertures des pointes de trafic par les trains à grande vitesse ne seront possible que dans le cadre d'une capacité de base justifiable ;
- dimensionnement du matériel roulant calculé très juste au départ jusqu'à ce que des données suffisantes sur l'impact commercial soient disponibles ;
- nouvelles structures tarifaires utilisées comme instruments destinés à exploiter toutes les potentialités supplémentaires du marché (dont seuls les prix permettent de tirer profit) et équilibrage du taux d'occupation.

Cela entraîne des conséquences d'une grande portée pour la *nouvelle structure tarifaire*.

La gestion concrète de l'exploitation est orientée en fonction des besoins en capacité, c'est-à-dire, dans une large mesure, séparation aussi longtemps que cela est faisable et n'implique pas de renoncer à un impact sur le marché du trafic marchandises. Il est également prévu, dans un premier temps, de mettre en service seulement une partie limitée du parc de matériel roulant voyageurs grandes lignes sur les lignes nouvelles.

L'exemple des deux lignes nouvelles qui font actuellement l'objet d'une étude (Rhin/Ruhr - Rhin/Main et Stuttgart/Ulm) permet à la DB de mettre en évidence cette approche pragmatique : Rhin/Ruhr - Rhin/Main aura sans doute un tracé exclusivement réservé au trafic voyageurs et il y aura entre Stuttgart et Ulm, un tronçon réservé aux voyageurs et un tronçon spécialement adapté au trafic marchandises dans le secteur de la côte de Geisling.

Les évaluations de ces mesures n'étant pas encore achevées il faut nous limiter à indiquer les relations qui font l'objet d'une étude :

- Fulda - Francfort - Mannheim (LA (1))
- Karlsruhe - Bâle (LA (1) - LN (2))
- Rhin/Ruhr - Rhin/Main (LN)
- Stuttgart - Augsburg (LA - LN)
- Dortmund - Bielefeld - Kassel (LA)
- Würzburg - Nuremberg - Munich (LA - LN)
- Sarrebruck - Stuttgart - Nuremberg (LA).

(1) LA : ligne aménagée.

(2) LN : ligne nouvelle.

Avec les lignes en construction, la DB disposerait alors d'un réseau intégré pour une circulation à grande vitesse concurrentielle, comprenant 1 200 km environ de lignes à 200 km/h et de 700 km de lignes accessibles à 250 km/h.

V. Exigences relatives à l'organisation de l'offre et des tarifs

L'analyse stratégique en vue de l'exploitation des potentialités du marché et de la limitation des coûts impose des exigences contraignantes pour l'organisation de l'offre et des tarifs pour un trafic à grande vitesse rentable :

- prix attractifs pour les plages horaires et les relations où le trafic est faible ;
- mesures tarifaires destinées, le cas échéant, à atténuer la demande aux heures de pointe et associées à un système de réservation ;
- prise en compte des situations de concurrence (différenciées, le cas échéant, en fonction de la relation, de la présence d'une ligne aérienne et de la voiture particulière notamment ;
- souplesse d'utilisation (afin de garantir le taux d'occupation des capacités de base existantes).

Malgré tous les attraits prévus en matière de prix, le potentiel de recettes et la rentabilité doivent être garantis : chaque effet de masse souhaité doit être plus que proportionnel, c'est-à-dire qu'il ne doit pas mettre en péril le volume des recettes et la contribution de couverture. Il faut éviter les discontinuités de capacité associées à une baisse du taux d'occupation ce qui provoque des pointes de coûts spécifiques.

Vi. Prémisses / exigences pour le matériel roulant

Sur le réseau existant la DB exploite un trafic Intercity de grande valeur mettant en œuvre 150 locomotives environ et près de 1 500 voitures. Le matériel roulant à une valeur approximative de remplacement de 2,5 milliards de DM. Ce matériel devant, à plus ou moins brève échéance et d'une manière directe ou indirecte, être remplacé, le problème relatif à une génération future de trains à grande vitesse se pose donc. Les trains IC pourraient, en principe, être pleinement utilisés jusqu'à cette date de remplacement sur les lignes nouvelles à des vitesses atteignant le 200 km/h (et même un peu plus élevées), ce qui contribuerait à une nette amélioration de la vitesse commerciale sur les relations empruntant ces lignes nouvelles. A la lumière de l'exigence mise en évidence, en vertu de laquelle un trafic à grande vitesse doit exploiter d'une manière aussi complète que possible les potentialités du marché, afin de garantir le succès économique du projet et au vu de l'expérience qu'un produit nouveau présentant en outre une apparence nouvelle crée un impact commercial incomparablement plus fort, la DB a décidé, de mettre en service sur les lignes nouvelles, dès leur ouverture, c'est-à-dire en 1990/1991 une génération entièrement nouvelle de trains à grande vitesse circulant à plus de 200 km/h.

L'exigence de toucher un éventail aussi large que possible de la clientèle (2° classe), dictée aussi par le souci d'éviter une offre supplémentaire de

liaisons IC sur les lignes nouvelles, a des conséquences évidentes pour le niveau des prix et, partant, les coûts admissibles par unité de prestation de trafic. L'impact d'une prestation nettement améliorée ne doit pas être menacé par un niveau de prix réels plus élevés. A cet égard le niveau de prix réel actuel de la 2^e classe constitue une limite supérieure. Les conséquences pour les coûts admissibles du matériel roulant pour une meilleure utilisation induite s'imposent ainsi, presque automatiquement ; en clair : innovations techniques et standards autant que nécessaire (et non autant que possible).

Afin d'apprécier une activité susceptible d'être exploitée en production mixte – pour laquelle l'infrastructure n'est pas remise en question en tant que telle et ne peut être influencée que sous certaines conditions dans la structure des coûts – les coûts pour le matériel roulant et le personnel revêtent une importance décisive. Si l'on considère les éléments de coûts susceptibles d'être influencés, les coûts pour le matériel roulant (mise à disposition) pour le trafic voyageurs grandes lignes s'élèvent, aujourd'hui déjà, à plus de 50 % des coûts globaux. Il est par conséquent absolument nécessaire de lutter, par une meilleure utilisation et une limitation des prix du matériel roulant, contre cette tendance critique actuelle. Une des mesures en ce sens est la possibilité d'adapter la capacité du train à la relation desservie. En complément du paramètre d'objectif défini plus haut et orienté sur la productivité et le taux d'occupation (chiffre d'affaires par place assise mise à disposition), s'ensuivent pour les rames des coûts maximaux de mise à disposition par place assise et coûts d'exploitation par place assise.

Nous n'aborderons pas ici la capacité de fonctionnement des trains et l'aménagement pour le meilleur impact commercial possible : nous considérons ces deux aspects comme garantis.

VII. Perspectives

La DB a reconnu les chances mais aussi les risques d'une circulation à grande vitesse. Le directoire de la DB a, dans cet esprit, mis en place un projet intitulé « Circulation à grande vitesse des années 90 et mise en service des lignes renouvelées et modernisées et des lignes nouvelles » sous la conduite d'un membre suppléant du directoire. Nous sommes très confiants dans la mise en service d'une circulation à grande vitesse rentable nous référant aux bases existantes constituées par le trafic IC.

– L'amélioration au cours de l'année 1985 du système IC constitue un premier pas.

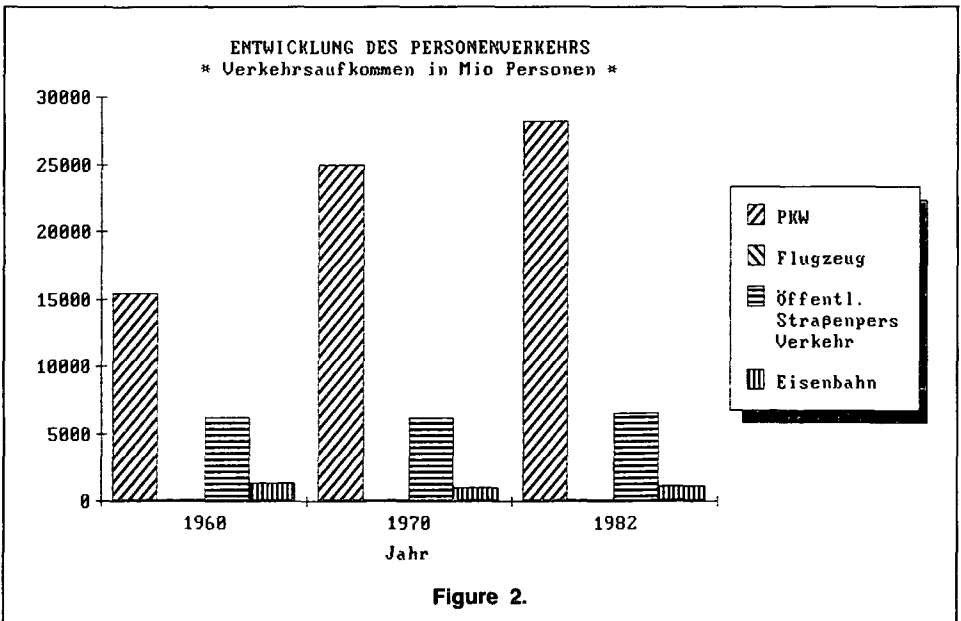
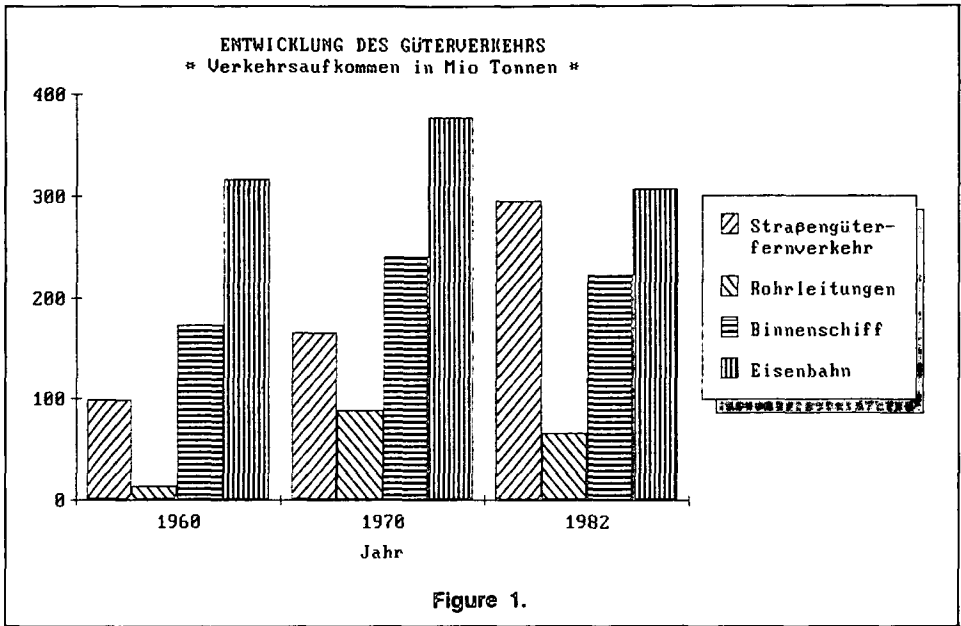
– Un autre pas important suivra dans les années 1990/1991 avec l'ouverture de trois lignes à grande vitesse autorisant des vitesses de 250 km/h sur les relations empruntant les lignes nouvelles alors achevées (Hambourg-Hanovre-Würzburg-Munich ; Hanovre-Francfort-Stuttgart-Munich ; Hambourg-Hanovre-Francfort-Bâle). Des investissements de près de 2 milliards en matériel roulant seront nécessaires pour cela ; ils seront en partie compensés par l'absence d'investissements de remplacement. Pour les prestations de transport supplémentaires très approximativement évaluées à 15 % de plus qu'en 1980 et une restructuration très nette du trafic voyageurs grandes lignes, les prestations du trafic grande vitesse/InterCity seraient le double de celles du trafic IC actuel et représenteraient 60 % du trafic voyageurs grandes lignes.

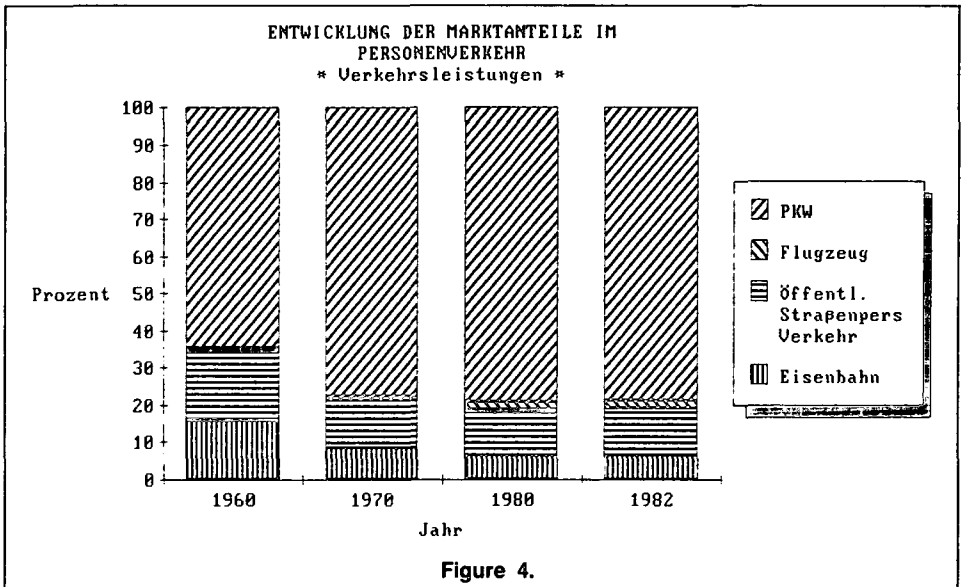
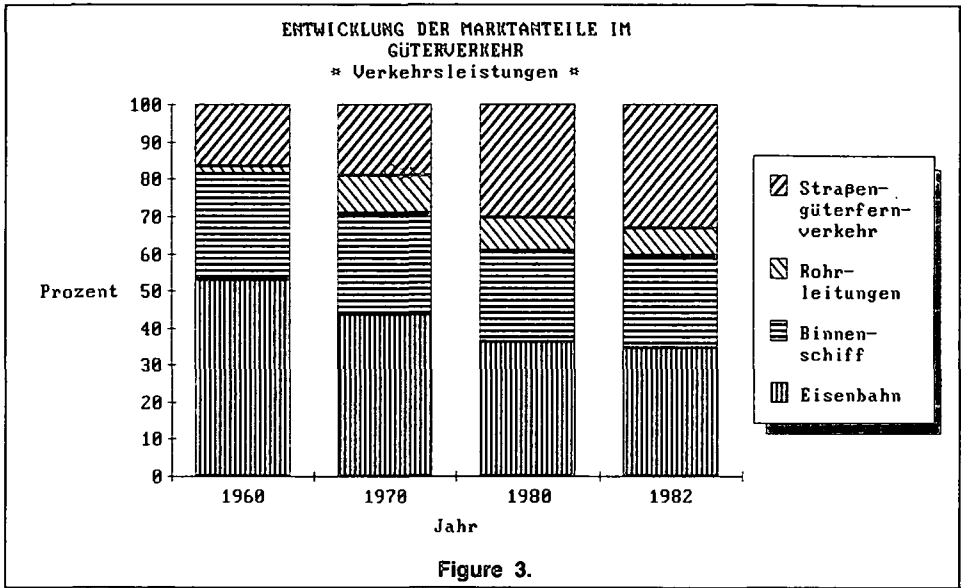
– Nous souhaitons pour la DB que d'ici l'an 2000, d'autres lignes nouvelles ou aménagées, encore à l'état de projet, viennent instituer un réseau grande vitesse complet ; cette évolution signifierait selon une évaluation très approximative une augmentation de 20 % des prestations dans le trafic voyageurs grandes lignes. Le volume de prestations pour le seul trafic grande vitesse serait presque triplé par rapport au niveau actuel du trafic IC et représenterait 2/3 environ de l'ensemble des prestations du trafic voyageurs grandes lignes. La part du trafic voyageurs grandes lignes ainsi que du trafic grande vitesse aurait ainsi enregistré une progression constante dans le chiffre d'affaires de la DB.

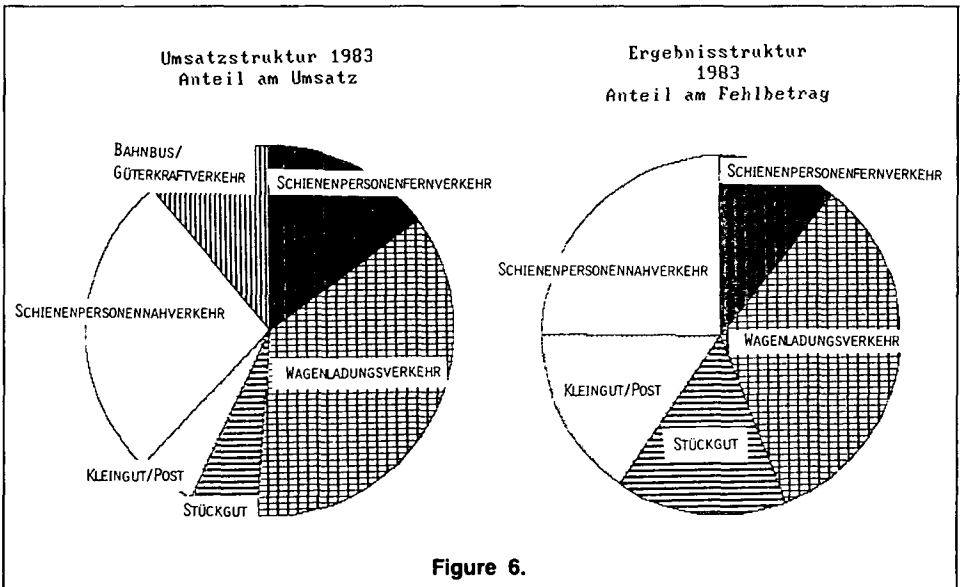
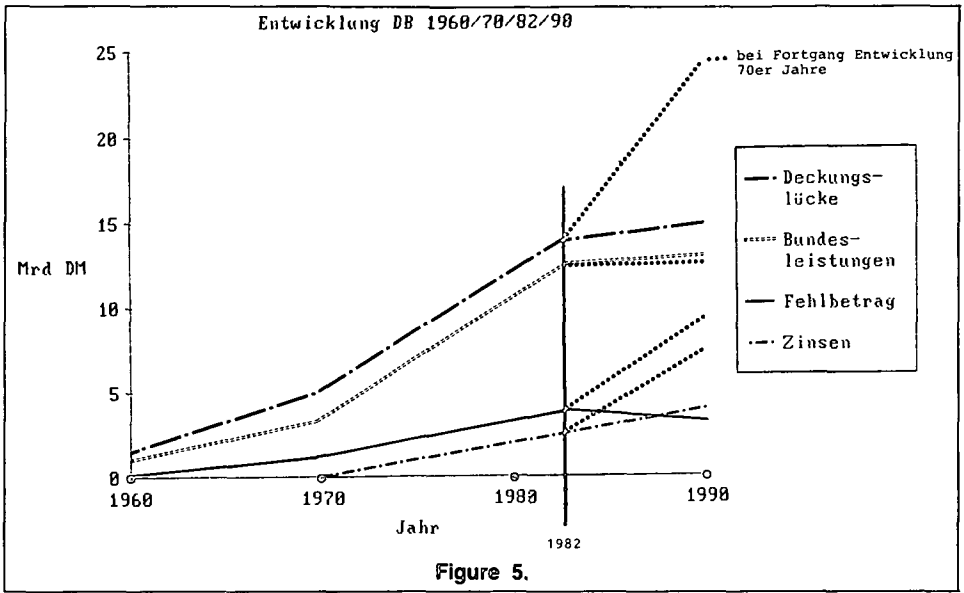
Les premières estimations relatives tant à la rentabilité du trafic grande vitesse dans les années 90 qu'aux lignes supplémentaires sont encourageantes. Nous sommes cependant conscients du fait que l'impact commercial souhaité n'interviendra que si un pas décisif et marquant est franchi dans la relation prix/prestations de l'offre et que s'il est garanti par d'autres mesures d'accompagnement.

La garantie du succès économique requiert le choix de critères d'objectifs de rentabilité au moment de la conception ainsi qu'une gestion responsable du produit par un pilotage concret des activités à venir. S'y rattachent en premier lieu la planification et le pilotage des prestations et des capacités orientées sur le marché et la productivité. Les capacités dégagées par le train à grande vitesse dans le reste du secteur trafic voyageurs grandes lignes doivent être adaptées. L'absence d'investissements de remplacement – ainsi qu'elle a été supposée dans les calculs de rentabilité – constitue un facteur important pour la garantie du succès économique.

Sous ces prémisses, la circulation grande vitesse n'améliorera pas seulement l'image et la position du chemin de fer sur le marché en même temps que la motivation des cheminots, mais constituera aussi, conformément à la demande formulée en introduction, une contribution à la consolidation ou à la garantie financière de l'avenir de la DB.







Réflexions conceptuelles et essais pratiques techniques en tant que contribution à l'optimisation micro-économique du futur trafic à grande vitesse de la DB

M. Rahn
Deutsche Bundesbahn

RFA

I. Trafic à grande vitesse de la DB des années 90 (HGZ 90)

Lors de la mise en service des lignes nouvelles de Mannheim-Stuttgart et de Hannover-Würzburg actuellement en cours de construction la Deutsche Bundesbahn lancera de nouvelles offres. Ces offres seront caractérisées par

- un trafic à grande vitesse à 250 km/h ; à cet effet on construira des éléments automoteurs (fig. 1) dérivés de l'ICE qui circuleront et sur les lignes nouvelles et sur le réseau actuel dont une grande partie sera aménagée ;
- l'exploitation à l'aide de véhicules choisis dans le parc existant dont la limite supérieure de vitesse se situera à 200 km/h (fig. 2) ;
- un trafic de marchandises à la vitesse maximale de 120 km/h.

Quelle est l'origine de ces décisions ?

En ce qui concerne la concurrence des modes de transport c'est la vitesse à laquelle on attache une importance particulière. Quant aux temps de parcours de porte à porte au plan du trafic à grande distance les systèmes de transports guidés n'ont pas toujours bien réussi jusqu'à présent par rapport à l'auto et l'avion. Pour cette raison c'est la réduction sensible des temps de parcours qui sera l'une des mesures les plus importantes pour accroître l'attractivité du chemin de fer, stabiliser la demande de transports, obtenir l'induction d'un nouveau trafic, et de contribuer ainsi à l'optimisation micro-économique du trafic sur rails à grande vitesse. En ce qui concerne le futur trafic à grande vitesse de la DB on a donc exigé pour la vitesse du système « le double de celle de l'auto, la moitié de celle de l'avion ». De cette manière la DB sera à même d'offrir – par rapport à la situation actuelle – des temps de parcours considérablement diminués entre les centres économiques les plus importants de la république fédérale d'Allemagne, par exemple sur les relations :

- Hambourg-Würzburg : 2 heures 45 minutes
à présent : 5 heures 18 minutes,

- Hambourg-Francfort : 3 heures 25 minutes
à présent : 4 heures 46 minutes,
- Francfort-Stuttgart : 1 heure 15 minutes
à présent : 2 heures 14 minutes.

Compte tenu des distances d'arrêt qui sont en Allemagne fédérale en partie inférieures à 100 km ce qui est dû à la densité élevée d'agglomérations ces points de départ aboutissent à la vitesse maximale de 250 km/h au plan du trafic voyageurs sur rail à grande distance (vitesse maximale judicieuse du point de vue de la rentabilité).

Les lignes nouvelles et les lignes d'aménagement de la DB actuellement en cours de construction (fig. 3) sont non seulement conçues en vue d'améliorer quelques grands axes - ce qui était le cas de certains chemins de fer européens à cause de conditions limites différentes - mais aussi en vue d'améliorer le réseau dans le sens d'un aménagement de zones où il y a des goulots d'étranglement. Les deux lignes nouvelles de Hannover-Würzburg et de Mannheim-Stuttgart servent donc non seulement à réduire les temps de parcours mais aussi à décharger le réseau existant.

Ce sont également des raisons micro-économiques qui ont conduit la DB à se décider en faveur du concept du trafic mixte sur les lignes nouvelles : le taux de rendement nécessaire est seulement à réaliser à partir d'une utilisation de ces lignes *et* pour le trafic voyageurs *et* pour le trafic marchandises. Au surplus la forte intégration des lignes actuellement en cours de construction dans le réseau existant parle en faveur du maintien du trafic mixte. En outre, de grandes parties des lignes existantes qui traversent des montagnes de hauteur moyenne sont caractérisées par des vitesses maximales si basses que déjà, à présent, il n'est même pas possible de répondre aux exigences de qualité de trafic marchandises. Ce sont les lignes nouvelles qui y créeront non seulement pour le trafic voyageurs mais aussi pour le trafic marchandises les conditions qui sont nécessaires à la desserte attractive.

II. Aménagement de l'infrastructure

L'accroissement souhaité de la capacité concurrentielle du chemin de fer dans le domaine des grandes vitesses nécessite d'abord, outre la réalisation de techniques de véhicules innovatrices, surtout l'aménagement de l'infrastructure.

En ce qui concerne le réseau à grand rendement de la DB on prévoit des lignes nouvelles (NSB) d'une longueur de 700 km environ dans les zones où il est impossible d'obtenir une amélioration sensible des conditions de transports par l'aménagement de lignes existantes. En outre, on envisage encore environ 2 000 km de lignes aménagées (ABS). Ce sont des grandes lignes qui seront adaptées au standard technique des lignes nouvelles. En vue d'augmenter la capacité de ligne et d'améliorer la qualité d'exploitation on prend des mesures destinées au triplement ou au quadruplement des voies de tronçons de lignes, à l'adaptation des équipements de signalisation des sections de lignes prévues pour des circulations rapides, aux rectifications de tracés, à l'amélioration en courant de traction et à l'aménagement de gares voyageurs.

L'ensemble des lignes nouvelles et des lignes aménagées constituera un réseau de base susceptible de grands rendements en république fédérale d'Allemagne qui sera composé de grands axes et répondra aux exigences qualitatives et quantitatives de l'avenir et sera donc la base du futur trafic à grande vitesse de la DB.

Le volume d'investissements portant sur ce réseau à grand rendement s'élèverait à 30 milliards de DM environ pour une période de 20 à 30 années. Le calcul ultérieur effectué à la demande du ministre fédéral des Transports a démontré pour les deux lignes nouvelles de Hannover-Würzburg et de Mannheim-Stuttgart actuellement en cours de construction, compte tenu de la totalité des frais d'amortissement, des coûts d'entretien et des coûts d'exploitation, une amélioration annuelle du résultat économique de 900 millions de DM au moins ; même si on calcule sur la base d'un taux d'intérêt de 3,5 % l'amélioration annuelle du résultat économique atteindra encore plus de 700 millions de DM. On estime que l'avantage macro-économique s'élèvera à environ 1,5 milliards de DM.

En raison de la situation géographique centrale de la république fédérale d'Allemagne en Europe il n'est pas possible de considérer les lignes nouvelles et les lignes aménagées de la DB sans tenir compte de l'aménagement de l'infrastructure des chemins de fer européens voisins. Les lignes nouvelles et les lignes aménagées de la DB constituent donc également un élément important du « Plan directeur européen d'infrastructure » de l'UIC. On veut assurer à l'aide de ce plan que les relations entre les centres européens les plus importants soient également garanties quand on a complété l'infrastructure pour le trafic à grande vitesse et qu'on applique sur ces relations un standard technique uniforme en ce qui concerne l'équipement.

III. Le rôle de la technique

A. Considérations émises sous l'aspect de l'analyse des valeurs

En ce qui concerne la conception des systèmes de transports à grande vitesse la technique a à jouer un double rôle : d'une part elle doit fournir des systèmes novateurs et performants répondant aux exigences les plus sévères par exemple en matière de confort, de vitesse et de fiabilité ; d'autre part il faut garantir le cadre limité des investissements et notamment une structure de coûts acceptable pour le marché. Pour résoudre cette tâche il faut remplir certaines conditions et respecter des critères d'objectifs définis en tant qu'aides pour la prise de décision, par exemple en premier lieu :

- l'optimisation du système global (et non des composantes individuelles),
- la connaissance des futures exigences du marché,
- l'accroissement de la fiabilité,

mais également,

- l'examen critique de technologies et de lignes de développements alternatives.

Les exigences visant le meilleur rapport possible entre les bénéfices et les dépenses, un haut degré de la sécurité d'exploitation et de la fiabilité, une performance élevée, une sollicitation réduite de la voie, une attractivité importante, une capacité suffisante et en même temps des frais réduits

d'exploitation et d'entretien sont à prendre en compte pour les développements futurs. En outre, vu l'évolution permanente de la technique, la pénétration du système roue/rail dans des plages de vitesses élevées, la complexité croissante de l'exploitation ferroviaire dans le sens le plus large et les interdépendances des grandeurs d'influence décisives imposent qu'on réfléchisse et agisse dans le cadre du système global pour aboutir à des solutions qui soient optimales du point de vue technico-économique. Cela signifie que le développement de conceptions optimales sous l'aspect macro-économique doit s'effectuer à l'avenir dans le cadre d'une systématique qui réalise la transparence du processus de décision et la reproductibilité de ses diverses phases.

C'est sur la base d'un tel processus systématique de décision qu'on a déterminé la conception du train allemand à grande vitesse ICE dont la réalisation en série sera utilisée comme « Hochgeschwindigkeitszug HGZ » (élément automoteur HGZ) à une vitesse maximale de 250 km/h dans le cadre de la nouvelle offre du trafic à grande vitesse HGZ 90. Les études ont été effectuées dans le cadre d'un bureau commun de collaboration de l'industrie et de la Deutsche Bundesbahn où la DB était chef du projet. La figure 4 montre le schéma de déroulement qui a servi de base.

Afin d'atteindre la meilleure efficacité possible du système on a exploré un spectre très large de variantes de solution pour déterminer la conception du train à grande vitesse ; cependant, en vue de respecter des limites raisonnables en ce qui concerne les coûts du projet, on a réduit de manière continue le spectre de variantes en fonction de la concrétisation progressive pour ne retenir que des solutions prometteuses. La figure 5 donne un tableau synoptique de ce procédé. La méthode d'évaluation appliquée a été l'analyse de la valeur utile. Des critères qu'on a pu chiffrer de manière monétaire tels que les coûts d'énergie, les frais d'entretien et les charges de capitaux ont été comparés dans le cadre d'un calcul de coûts partiels.

La figure 6 montre le résultat, le train à grande vitesse doté à chaque extrémité d'une motrice.

B. Aspects économiques

Les aspects économiques des circulations rapides et à ce sujet surtout la diminution de la consommation énergétique et la réduction de l'usure demandent, du à la pénétration du trafic dans des plages de vitesses élevées, demandent plus que jamais l'attention des ingénieurs ferroviaires.

1. Diminution de la consommation en énergie

On sait que les résistances à l'avancement en cas de vitesses élevées et les efforts de traction nécessaires pour vaincre ces résistances sont fonction de manière décisive du carré de la vitesse. Cette relation physique est également valable pour les besoins énergétiques lorsque l'on considère une technique de traction similaire en ce qui concerne le facteur de puissance et le rendement ainsi que l'inertie. La configuration du train classique équipé de locomotive, qui se composerait par exemple de la locomotive électrique, série 103, et de voitures IC dont les places assises seraient de l'ordre de 400 demanderait en cas d'accroissement de la vitesse de 200 à 250 km/h un surplus de consommation en énergie de 56 % environ (fig. 7).

C'est avant tout par :

- l'application conséquent des résultats de recherche, domaine « aérodynamique », du programme de recherche roue/rail du ministre fédéral de la Recherche et de la Technologie,
- l'utilisation du frein à récupération,
- l'optimisation des sections et des longueurs de véhicules par rapport à la capacité du train,

qu'on peut réaliser la diminution de la consommation en énergie.

Le passage du train équipé de locomotive au train doté de motrices d'extrémités (fig. 8) apporte des améliorations dans le domaine aérodynamique. Celles-ci sont en premier lieu obtenues par :

- des surfaces extérieures lisses où les baies et les soufflets d'intercirculation forment une surface plane ;
- des formes plus optimales de nez et de queue de véhicules ;
- l'élimination des discontinuités entre la locomotive et la rame ;
- la minimisation du nombre et de la dimension des organes sur toiture ;
- le carénage complet des parties sous caisse ;
- le carénage partiel des organes de roulement (30 % - 40 % de la résistance à l'avancement sont engendrés dans la zone sous caisse !)
- des pantographes nouveaux dont la hauteur de construction (fig. 9) est réduite (grâce à l'utilisation de matériaux composites renforcés par des fibres ; la hauteur de construction, pantographe en position abaissée, est de 250 mm environ par rapport aux 500 mm de celle des réalisations actuelles).

Grâce à ces mesures dont l'efficacité a été entre-temps validée par des essais effectués en soufflerie on a pu réduire les besoins en énergie du train équipé de motrices d'extrémité circulant à 250 km/h de 52 % par rapport à ceux du train doté de locomotive quoique le nombre de places assises soit identique (voir fig. 7).

Les progrès réalisés ces dernières années dans le domaine de la technique des semi-conducteurs ont maintenant permis d'utiliser le moteur asynchrone triphasé comme entraînement de véhicules circulant sur rails et de réaliser ainsi des locomotives universelles. Ce qui était décisif à ce propos c'était la technique de l'énergie triphasée non pulsatoire dont la fréquence et la tension sont variables de manière continue. L'électronique de commande permet de freiner avec un effort de freinage électrique élevé jusqu'à l'arrêt du véhicule et de reconduire l'énergie de freinage comme énergie utile à la ligne de contact et de réaliser de cette manière une diminution supplémentaire de la consommation en énergie.

Dans le cadre de l'expérimentation en service de la locomotive triphasée de la série 120 on a pu démontrer une économie en énergie de 12 % environ qui est due à ce qu'on a reconduit l'énergie de freinage dans la ligne de contact.

2. Réduction de l'usure

Jusqu'à présent, la formule qui décrit les relations existant entre l'effort de l'essieu, le type des organes de roulement, la sollicitation de la voie et les dépenses d'entretien – formule qui est souhaitée et de la part des ingénieurs de la voie et de la part des ingénieurs de véhicules – est restée un rêve. Il est donc très difficile de faire des pronostics quantitatifs concernant le comportement d'usure des futurs systèmes de transports à grande vitesse de la technique roue/rail. Cependant on peut discerner certaines tendances :

- La sécurité de marche et le confort de marche peuvent être conservés pendant des durées et des parcours (plus de 600 000 km) assez longs grâce à des profils de bandages adaptés à l'usure. Au surplus on est en mesure d'obtenir des valeurs réduites de l'usure grâce à des essais de matériaux.

- On peut réduire la sollicitation de la voie par des types d'organes de roulement appropriés, par exemple des réalisations ayant une fixation élastique dans le sens horizontal avec un niveau d'effort réduit dans le sens transversal de sorte que la stabilité de la voie se maintienne pendant une durée assez longue.

- La future densité élevée des circulations sur les lignes nouvelles et sur les lignes aménagées où il y aura seulement des intervalles courts entre deux trains consécutifs destinés aux travaux d'entretien de la voie a engagé les ingénieurs à poursuivre les réflexions concernant des types de voie qui demandent peu d'entretien, c'est-à-dire qui disposent d'une stabilité élevée et montrent peu d'usure. Des surplus de frais d'investissements dus par exemple aux types de voie sans ballast peuvent être compensés par des économies en entretien. Cela est surtout valable pour la voie posée en tunnels et en courbes.

Ce qui est souhaitable c'est de continuer de développer l'appréciation de la voie – jusqu'ici dans une large mesure orientée sur des données géométriques – de telle sorte qu'on soit à même d'en déduire la sollicitation réelle due aux interactions voie/véhicule comme critère le plus important pour la sécurité. L'objectif est d'exploiter de manière aussi homogène que possible et compte tenu des rapports existants entre les défauts de la voie, les défauts réels de la géométrie de la voie et les réactions qui en résultent sur le véhicule et la voie, les réserves dont dispose la voie afin de réaliser des économies supplémentaires en entretien de la voie.

L'achèvement de la nouvelle unité de mesure de la voie (OMWE – consiste en deux voitures) à la fin des années 80 qui permettra pour la première fois de mesurer en même temps et les grandeurs de mesure géométriques et celles de la dynamique de mouvement à une vitesse de 250 km/h, signifiera qu'on aura réalisé un pas important vers cet objectif.

La surveillance des voies de la DB prévues pour des circulations rapides effectuée à l'aide de l'analyse de la voie a démontré que, jusqu'à présent, on n'a pas pu discerner des différences significatives entre les dépenses d'entretien des voies destinées aux circulations rapides et celles des autres voies principales quoiqu'on ait dû craindre à l'origine – également en raison des expériences faites sur d'autres réseaux – un accroissement des dépenses d'entretien.

On serait également à même d'effectuer des réductions supplémentaires des coûts dus à l'usure en faisant appel à une stratégie d'entretien modifiée.

Cet énoncé regarde, non seulement le domaine du véhicule où on peut supposer qu'on puisse réaliser à long terme, grâce à la technique de diagnostic, l'entretien orienté sur les besoins, mais aussi le domaine de la voie pour lequel on étudie actuellement des possibilités de diminuer les coûts en intégrant la mesure de la réaction du véhicule et l'évaluation de celle-ci dans l'appréciation de la voie.

C. Aspects techniques

1. Technique de véhicules

D'une part les véhicules sur rails doivent satisfaire aux besoins d'une structure de demande sur le plan des transports qui change à des intervalles de plus en plus réduits ; d'autre part ils excellent par leur durée de vie et par leur durée utile, élevées. Lors de la définition des exigences des véhicules sur rails il faut tenir compte de manière économique et en ce qui concerne la technique en fonction de l'avenir de ces conditions limites. Cela veut dire qu'il faut concevoir et acheter à l'avenir des engins moteurs qu'on puisse utiliser de façon universelle, c'est-à-dire des engins moteurs qui sont appropriés et à l'acheminement de trains voyageurs à grande vitesse et au transport de trains marchandises lourds. Les avantages de tels véhicules universels résident en premier lieu dans une disponibilité plus économique des véhicules, dans des besoins plus réduits en engins moteurs ainsi que dans des réductions de coûts pour le stockage de pièces de rechange et pour l'entretien. La technique triphasée y offre des solutions pour la totalité des applications : pour les futurs engins moteurs standard sous forme de la locomotive universelle, série 120, destinée aux trains équipés de locomotives et sous forme du train à grande vitesse destinée au trafic sur grande distance à 250 km/h. La locomotive, série 120, et le HGZ ont dans une grande mesure des composantes identiques.

2. Technique de la voie

En ce qui concerne la voie on exige un haut degré de sécurité, de fiabilité et de rentabilité ; c'est-à-dire :

- sécurité contre le déraillement à la vitesse de circulation demandée et en même temps un bon confort de marche,
- absence d'irrégularités de voie et disponibilité permanente ainsi que,
- durée de vie très élevée, investissements et coûts d'entretien aussi réduits que possible.

Quant aux exigences visant la sollicitation de la voie, à l'avenir il faut tenir compte de vitesses de marche de 250 km/h au plan du trafic voyageurs sur les lignes nouvelles et des vitesses allant jusqu'à 120 km/h et parfois même au-delà et des charges par essieu s'élevant jusqu'à 22,5 t au plan du trafic marchandises.

Le profil de rail UIC 60 (fig. 10) introduit à la DB depuis 1970 sera également à même à l'avenir de répondre à ces exigences.

La traverse en tant qu'élément de guidage de la voie transmet au ballast les efforts venant du rail. Les traverses monobloc du type B 70 (fig. 10) ayant une longueur de 2,60 m répondront aussi à l'avenir à ces exigences.

Les appareils de voie sont un constituant essentiel de la voie. C'est en été 1981 que, pour la première fois à la DB, on a posé des appareils de voie sur des traverses en béton. La figure 11 montre un tel appareil de voie.

3. Technique de la régulation des mouvements

La technique de la régulation des mouvements est sur le point de subir une mutation. Contrairement aux décennies passées où le relais constituait le standard technique, le développement technologique de l'avenir en matière de technique de commande et de réglage et surtout celui du domaine du traitement des informations seront caractérisés par l'application de composants électroniques. Des circuits intégrés de plus en plus sophistiqués et des microprocesseurs permettront à l'avenir d'effectuer de manière rationnelle les tâches ayant trait à la commande et à la protection des trains – par exemple aux postes de commande électroniques – et les tâches visant la technique des communications.

La commande automatique et continue de la marche des trains (LZB) (fig. 12) grâce à laquelle on est en mesure de commander de manière sûre des trains ayant des vitesses de marche jusqu'à 250 km/h et au-delà, signifie une amélioration par rapport à la commande classique des trains.

On conçoit un équipement modulaire de véhicule LZB sur la base de microprocesseurs nommé « équipement de véhicule LZB 80 » qui remplacera les équipements de véhicule employés jusqu'à présent et qui est prévu à l'utilisation de la LZB sur les lignes nouvelles et les lignes aménagées.

Si les lignes nouvelles sont équipées de LZB on peut renoncer sur ces lignes à l'installation de signaux fixes. La circulation de trains marchandises dotés de LZB permettra en outre des vitesses de marche plus élevées que celles des trains marchandises qui ne disposent pas de dispositifs de freinage de charge automatique.

IV. Programme d'essais

On prépare actuellement un vaste programme d'essais afin de réaliser le trafic à grande vitesse des années 90 pour lequel on prévoit des vitesses maximales de 250 km/h. L'objectif principal de ce programme est de fournir des connaissances nécessaires à la conception et à la réalisation en série du train à grande vitesse HGZ dont le précurseur est l'IEC. Le programme d'essai prévoit donc :

- des essais à l'aide de la locomotive de la série 120 et des voitures IC à des vitesses de marche de 250 km/h ;
- des circulations de mise en service et des marches d'essai à l'aide du train à grande vitesse Intercity Experimental (IEC) (déjà présenté dans le cadre du groupe de thème 1 du symposium).

La figure 13 montre la situation géographique des tronçons d'essai appropriés (Rheda-Oelde, les lignes nouvelles de Hannover-Würzburg et de Mannheim-Stuttgart). Le calendrier prévu des activités d'essai est présenté aux figures 14 et 15.

Les points principaux du programme d'essai sont les suivants :

- essais du comportement de marche en faisant appel aux profils de bandages de roue adaptés à l'usure en vue de l'optimisation des organes de roulement à monter au HGZ. En premier lieu on prévoit d'étudier la sollicitation de la voie, les dépenses concernant les organes de roulement, l'exploitation du coefficient d'adhérence en cas de grandes vitesses et d'effectuer des mesures permanentes concernant la sécurité ;
- mesures aérodynamiques afin de déterminer les sollicitations de pression et de l'écoulement d'air en cas de croisements de trains en plein voie et en tunnel. Il faut surtout élucider l'efficacité de certaines possibilités destinées à rendre étanches les compartiments voyageurs et les cabines de conduite ainsi que les soufflets d'intercirculation et les questions portant sur la sollicitation physiologique de l'homme ;
- essais dans le domaine de la voie afin de fixer des valeurs indicatives et des valeurs limites et pour optimiser les composantes de la voie ;
- mesures concernant les pressions sur les ponts et sur le sol ;
- essais visant l'interaction pantographe/ligne de contact afin d'optimiser la transmission en énergie ;
- expérimentation, amélioration éventuelle et homologation des équipements de ligne et de véhicule LZB, du système destiné à manœuvrer, verrouiller et contrôler les appareils de voie, de la libération de la voie et de la technique des guides d'ondes lumineuses ainsi que des essais portant sur le téléphone PTT dans les trains ;
- mesures du son aérien et du bruit transmis par corps solide effectuées à bord du véhicule en pleine voie et en tunnel.

V. Lignes de développement alternatives

Il faut que le chemin de fer de l'avenir s'occupe également de possibilités de solutions technologiques nouvelles et non conventionnelles afin de répondre aux exigences en ce qui concerne un moyen de transport rentable qui réalise des économies d'énergie, ne montre que peu d'usure, non polluant, assurant la sécurité, afin de continuer à améliorer la productivité et l'offre de prestations. En vue d'être en mesure de continuer à augmenter les vitesses de marche, indépendamment des limites physiques qu'on supposait par exemple sur le plan de l'usure due à l'interaction roue/rail, on a encouragé une ligne de développement portant sur des techniques sans contact. A la suite de nombreuses décisions ayant trait au choix parmi ces systèmes ce n'est que la technique à sustentation électromagnétique dont on s'occupe à présent. La Transrapid-Versuchsanlage TVE de Emsland (fig. 16) dont l'installation sera terminée sous peu permettra d'essayer le système de transport à sustentation magnétique en tant que système global et de l'évaluer sous l'aspect de futurs exploitants.

Il est nécessaire que le développement de ce système de transport à sustentation magnétique tienne dès à présent compte des demandes et des souhaits ainsi que des expériences des futurs exploitants pour qu'on soit à même d'établir à ce sujet des recommandations pour l'avenir. Dès le début du développement du système de transport à sustentation magnétique la DB a demandé l'option d'être exploitant du système si ce système était introduit.

La DB a donc abandonné le rôle d'observateur du développement de ce système. C'est dans le cadre de la Versuchs- und Planungsgesellschaft für Magnetbahnsysteme (MVP) que la DB, la Deutsche Lufthansa et la Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG) réalisent conjointement l'expérimentation du système de transport à sustentation magnétique et élaborent des énoncés afin de rendre ce système mûr à l'application. Nous attendons que le système de transport à sustentation magnétique, s'il démontre ses capacités sur le plan technique et commercial, complète l'offre du trafic à grande vitesse de la DB sous forme de superpositions de trafic sur des relations retenues. Donc, il ne faut pas regarder a priori le système à sustentation magnétique et la technique roue/rail sous l'aspect d'une situation concurrentielle.

VI. L'importance de nouveaux systèmes de transports à grande vitesse

Des systèmes de transport à grande vitesse sont des systèmes complexes où le développement de composantes individuelles entraîne plus immédiatement que dans le passé l'adaptation d'autres composantes. Cela demande un savoir-faire important de l'industrie intéressée afin d'obtenir et de maintenir le niveau de qualité nécessaire.

Quoique le marché intérieur de la technique à grande vitesse soit plutôt modeste par rapport à celui de la totalité de la technique roue/rail, l'introduction du trafic à grande vitesse des années 90 aura un effet stimulant en ce qui concerne l'industrie ferroviaire. Le saut de technologie réalisé dans ce domaine aura des impacts sur la totalité de la technique des transports guidés et permettra d'améliorer – également sur le plan des coûts – les offres faites par l'industrie.

De tout temps l'importance de l'industrie ferroviaire dans les pays respectifs a également été due aux exportations élevées. A ce sujet, la construction de systèmes de transports à grande vitesse offre des possibilités supplémentaires. L'avance de développement dont disposent ces industries est maintenue grâce à la poursuite des activités de recherche et à l'encouragement des activités d'exportations.

Cependant, vu le marché restreint du matériel roulant et des systèmes d'exploitation d'un trafic à grande vitesse, l'objectif de tous les efforts ne peut pas être la concurrence finalement ruineuse entre les industries nationales. Il faut au moins des activités européennes pour être à même de réaliser sur la base d'expérience de tous les réseaux concernés, un trafic à grande vitesse sur rails dont la qualité soit attractive mais dont les coûts resteraient acceptables.

Sommaire des figures

Figure 1. Élément automoteur ICE.

Figure 2. Train équipé de la locomotive E 120.

Figure 3. Les lignes nouvelles et les lignes aménagées de la DB.

Figure 4. Schéma de déroulement HGZ établi par le bureau commun.

- Figure 5. Tableau synoptique de la recherche de solutions.
- Figure 6. Résultat de la définition de projet ICE.
- Figure 7. Valeurs relatives de la consommation d'énergie.
- Figure 8. *Forme du nez de l'élément automoteur ICE (dessin établi par l'ordinateur).*
- Figure 9. Pantographe de l'ICE.
- Figure 10. Traverse monobloc et rail UIC 60.
- Figure 11. Appareil de voie monté sur des traverses en béton.
- Figure 12. *LZB (commande automatique continue de la marche des trains).*
- Figure 13. Situation géographique des tronçons d'essais.
- Figure 14. Calendrier des essais.
- Figure 15. Calendrier des essais.
- Figure 16. Installation d'essai du système de transport à sustentation magnétique TVE.

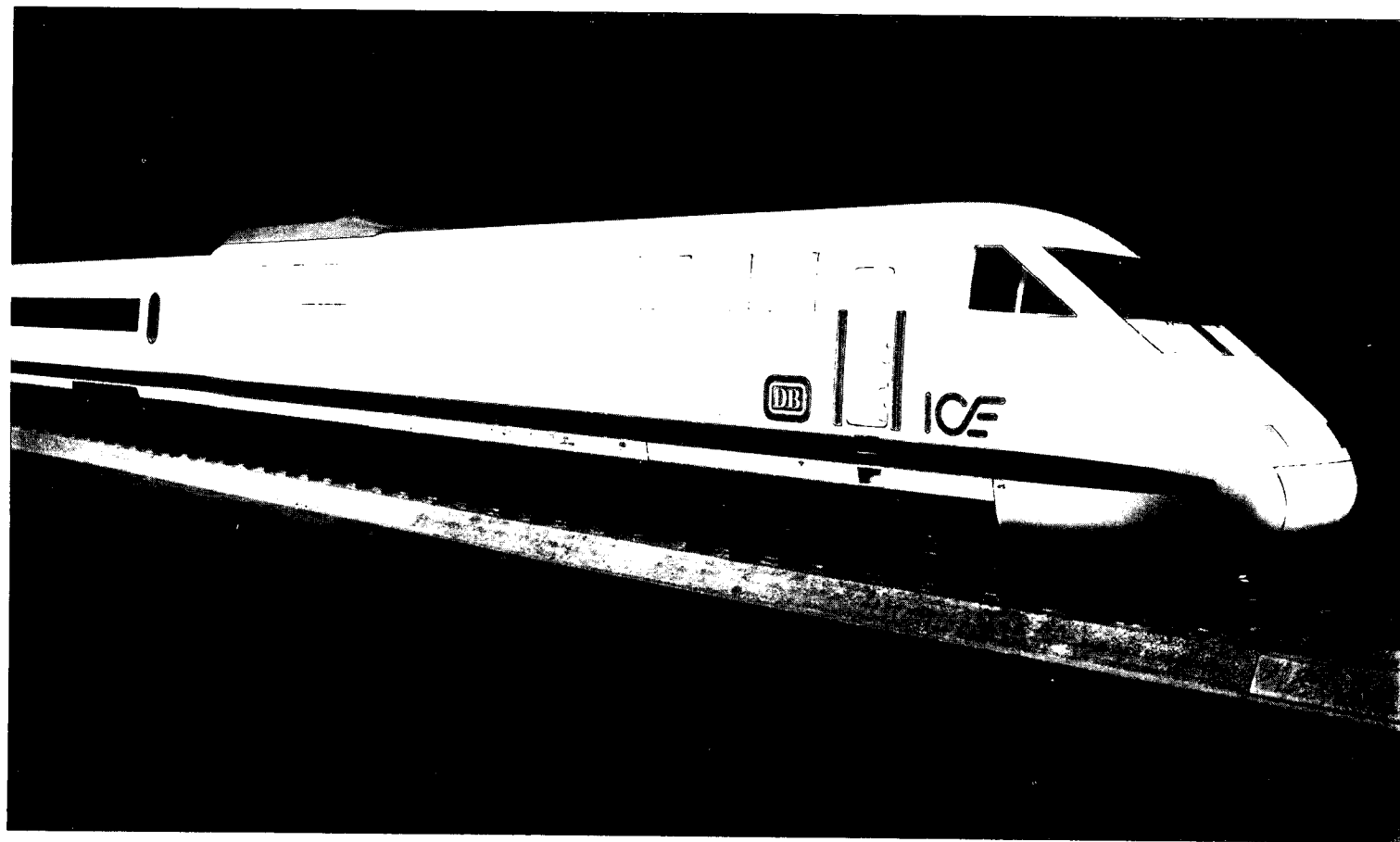


Figure 1. Élément automoteur ICE.



Figure 2. Locomotive E 120 et voitures.

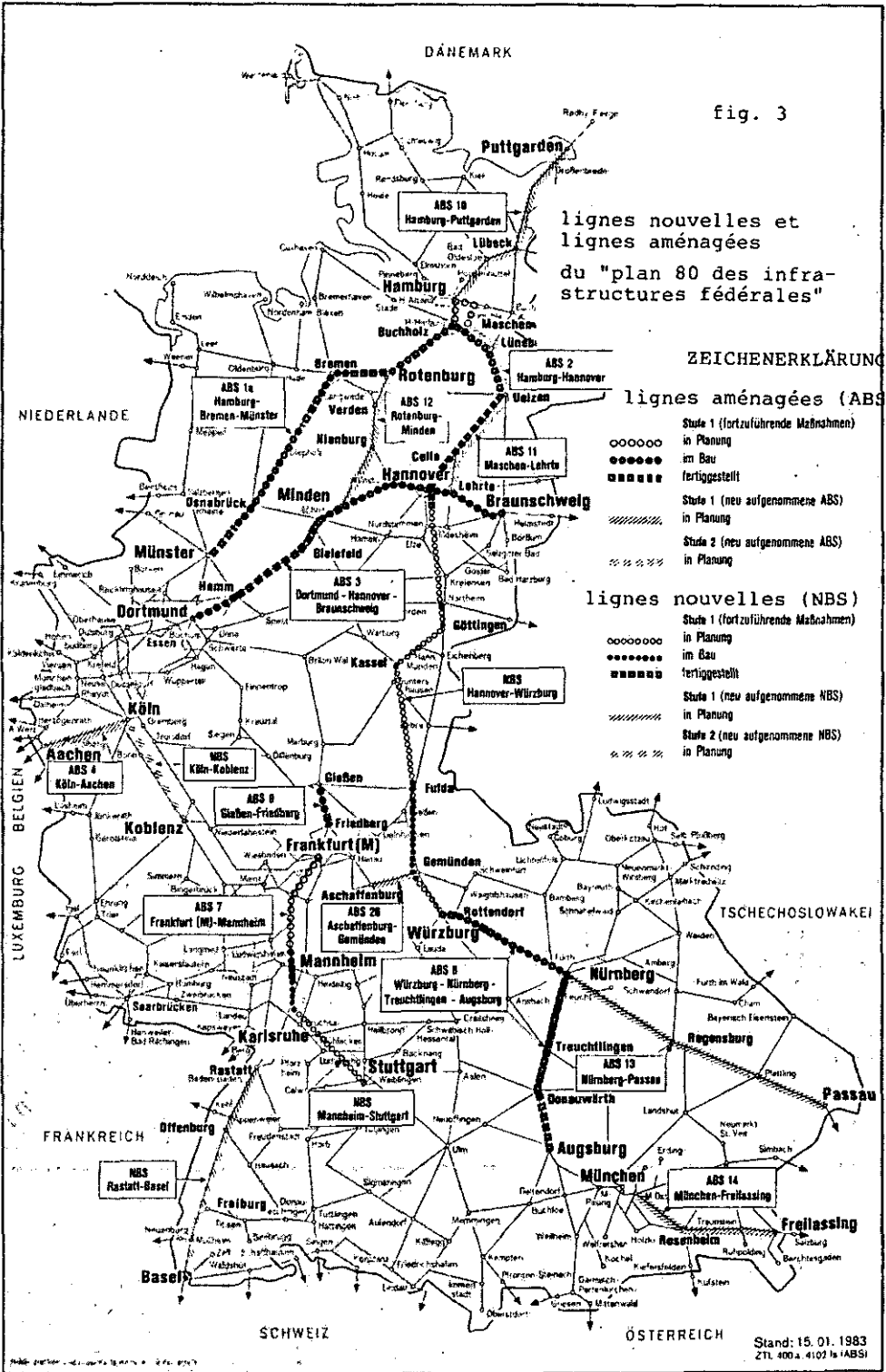


Figure 3. Lignes nouvelles et lignes aménagées du « plan 80 des infrastructures fédérales ».

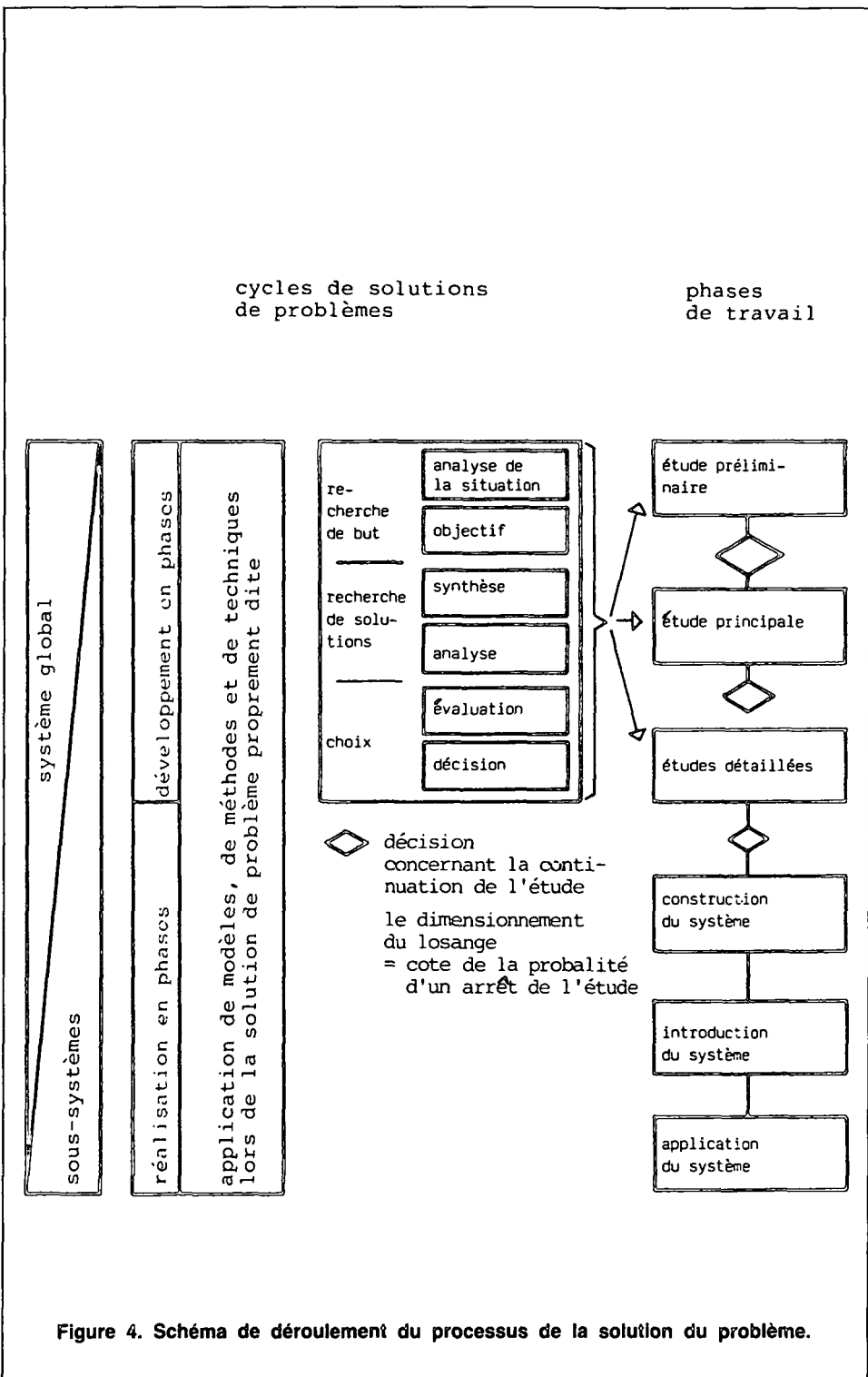


Figure 4. Schéma de déroulement du processus de la solution du problème.

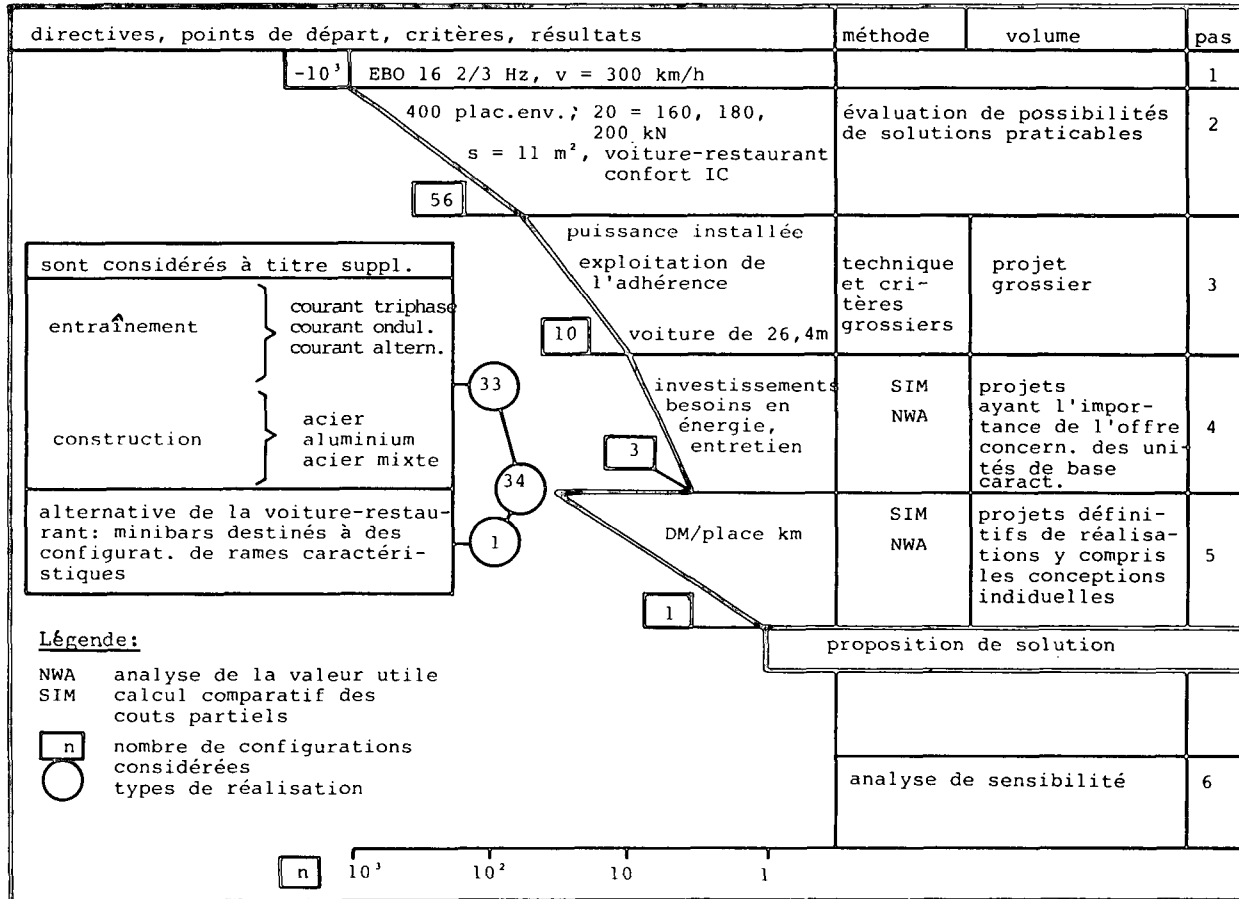
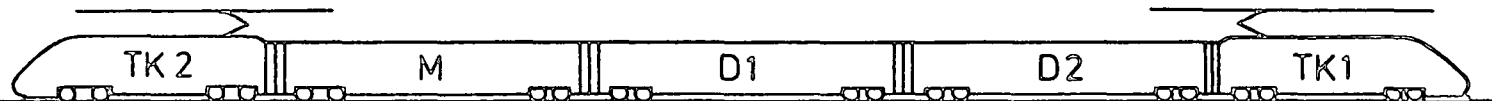


Figure 5. Tableau synoptique de la recherche de solutions.



configuration: TK2 + M + D1 + D2 + TK1

TK1/TK2 = motrice d'extrémité

M = voiture de mesures

D1 = voiture de démonstration 1
voiture à grand compartiment 1ère classe, 36 places assises

D2 = voiture de démonstration 2
voiture à grand compartiment 1ère / 2ème classe, 24/27 places assises

alimentation en énergie 15 kV 16 2/3 Hz

puissance à la tante : 2 x 4,2 MW; puissance continue de transformateur 2 x 3,2 MVA

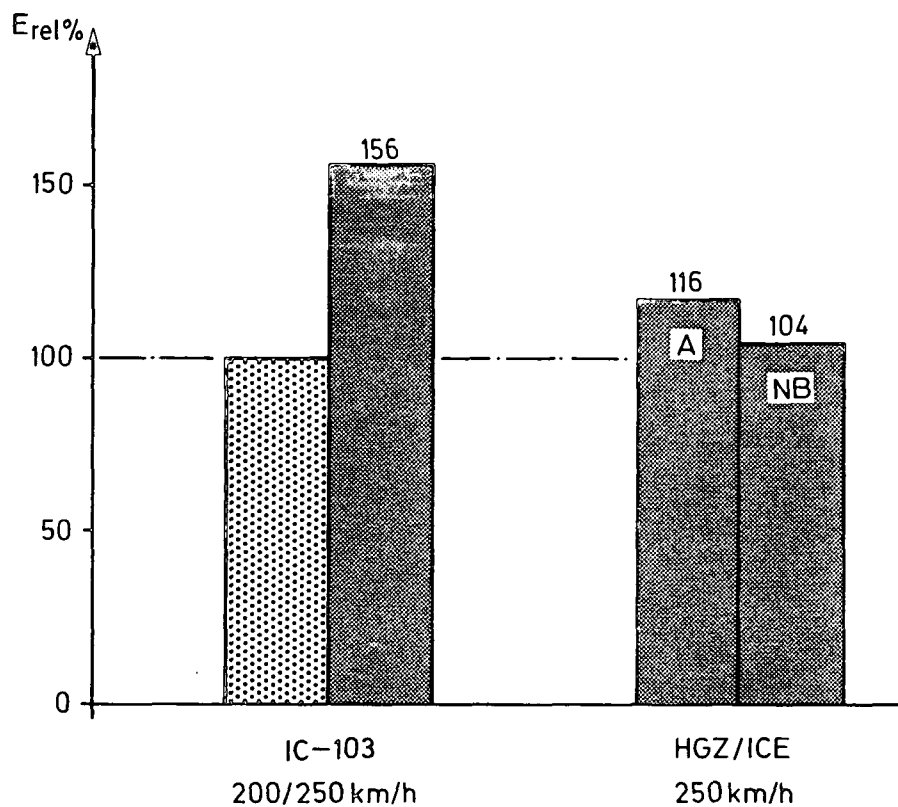
V_{\max} = 350 km/h

places assises 87 .

rame d'essai à grande vitesse
INTERCITY EXPERIMENTAL (ICE)

BZA München
Dez 105 14.9.84

Figure 6. Résultat de la définition du projet ICE.



A = aérodynamique optimisé

NB = frein à récupération

capacité du train : 400 places assises



valeurs relatives de consommation d'énergie

BZA München

Dez 105

4.10.84

Figure 7. Valeurs relatives de consommation d'énergie.

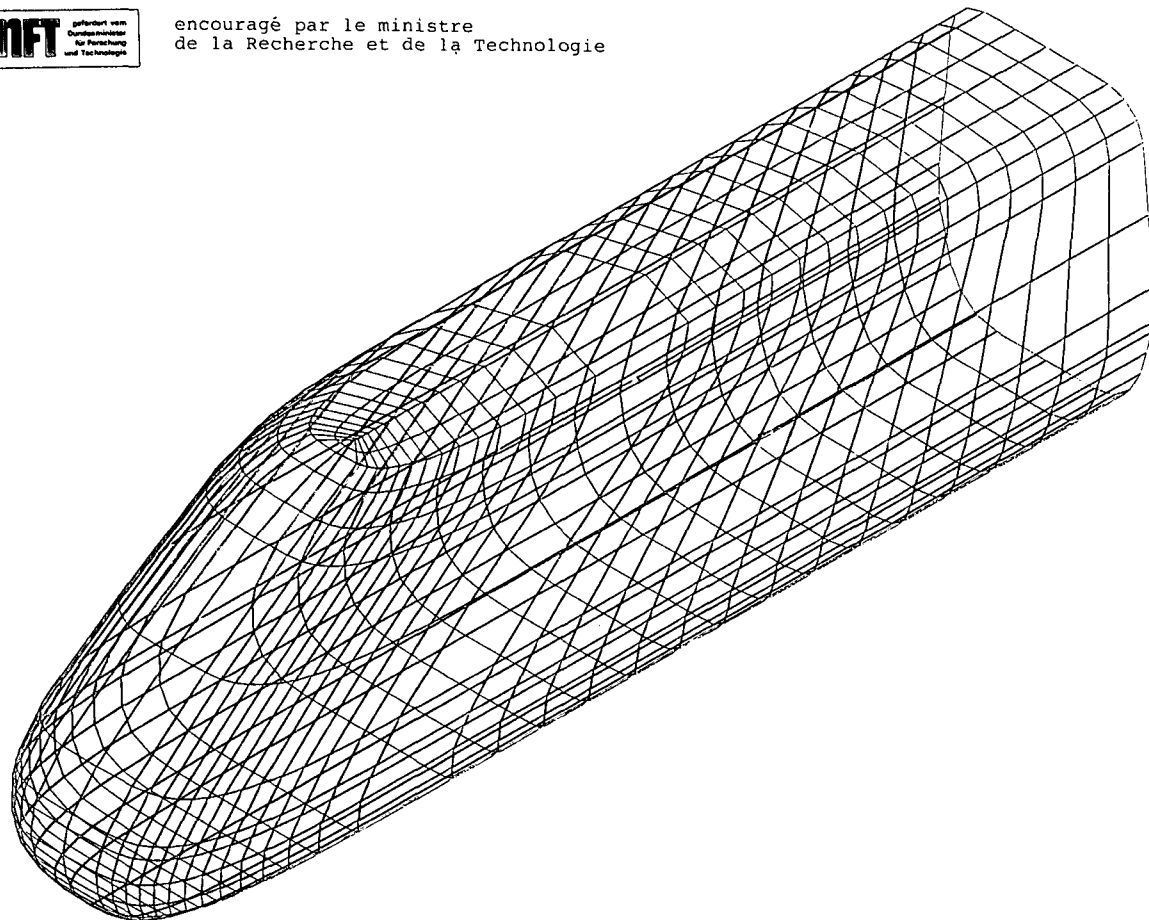


Figure 8. Forme du nez de l'élément automateur ICE (Mortice de tête DFVLR KS20).

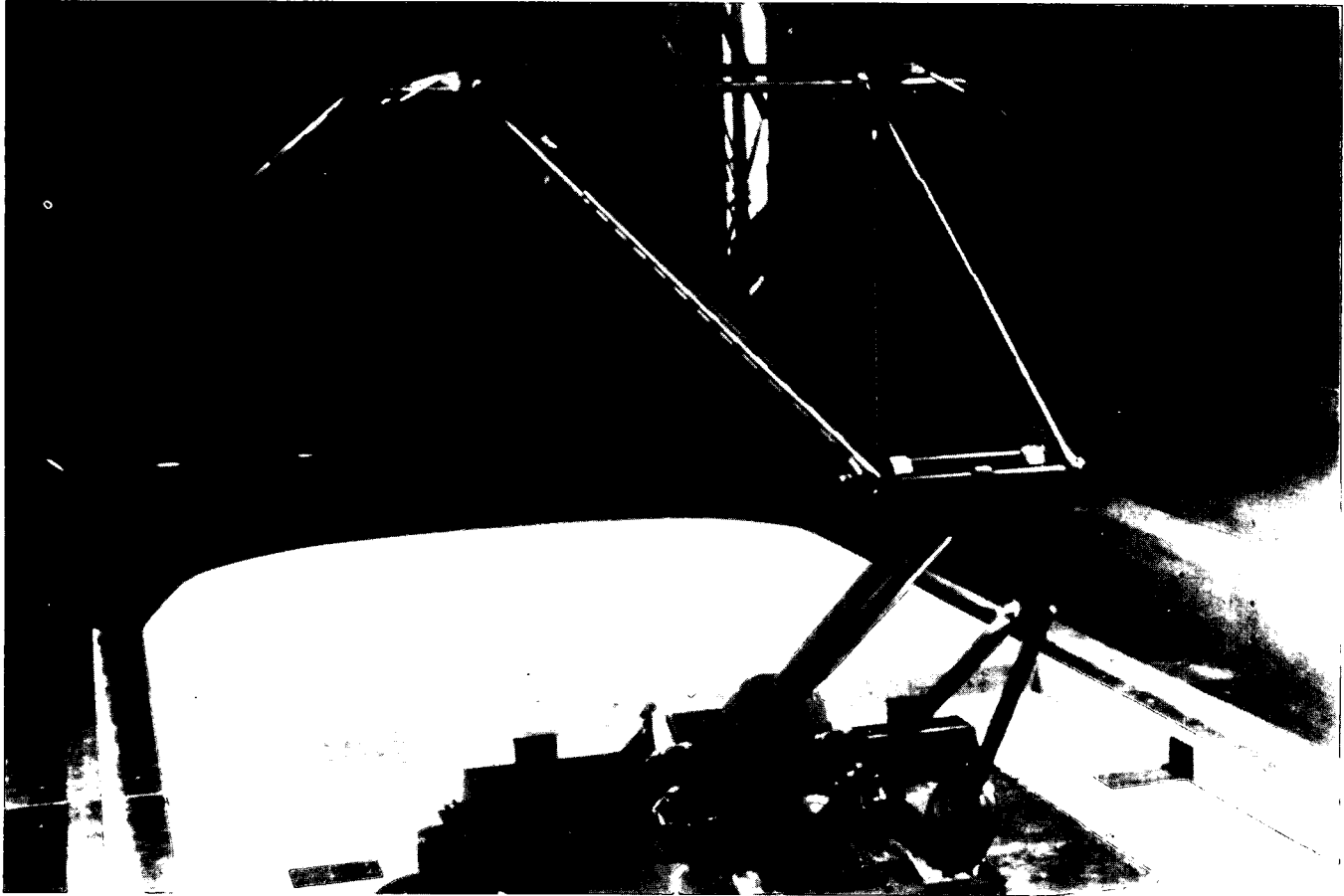


Figure 9. Pantographe ICE.



Figure 10. Traverse monobloc.



Figure 11. Appareil de voie monté sur des traverses en béton.



Figure 12. LZB (câble de voie) et loc E 103.

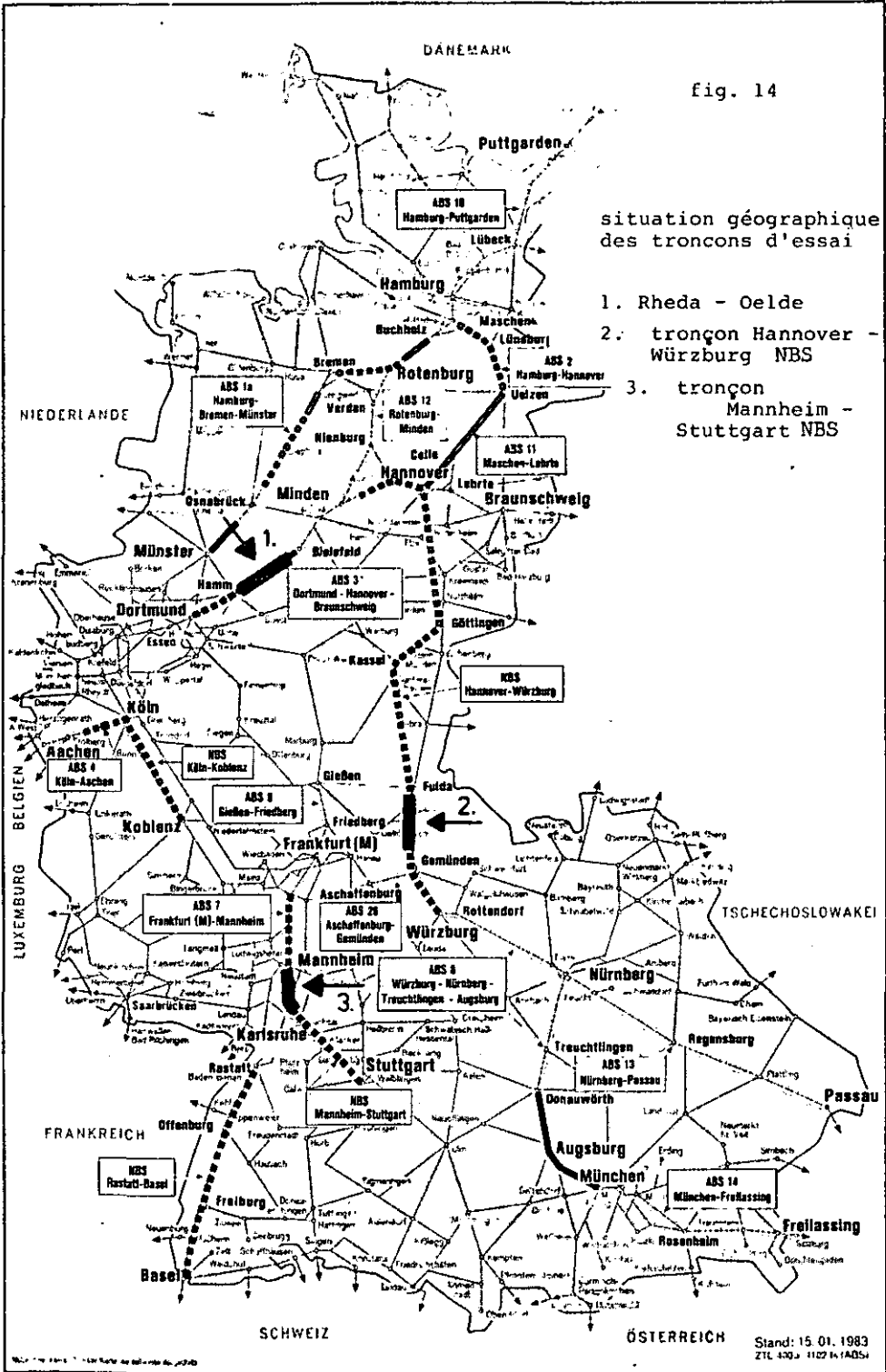


fig. 14

situation géographique des tronçons d'essai

1. Rheda - Oelde
2. tronçon Hannover - Würzburg NBS
3. tronçon Mannheim - Stuttgart NBS

Figure 13. Situation géographique des tronçons d'essais.

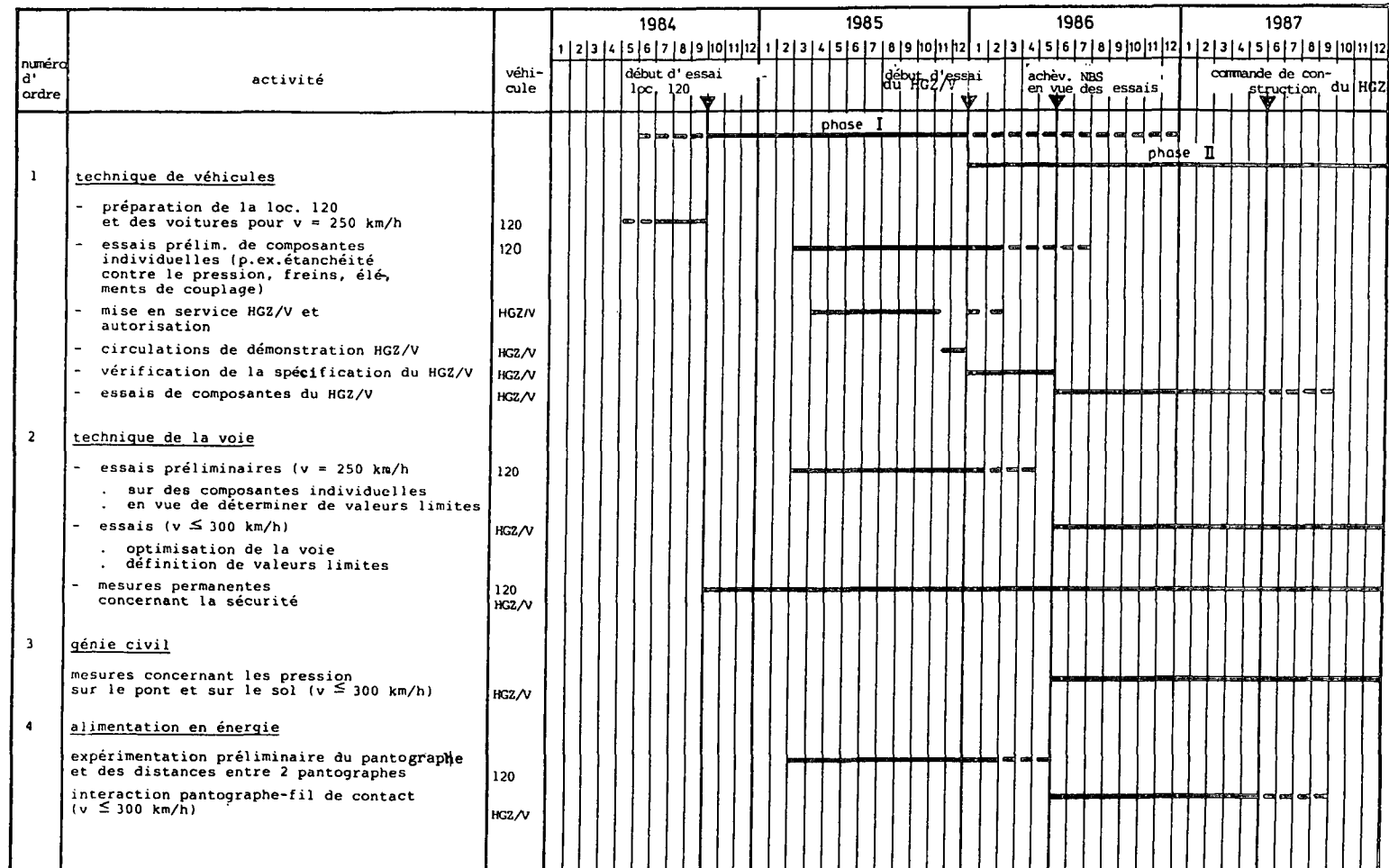


Figure 14. Calendrier des essais.

324

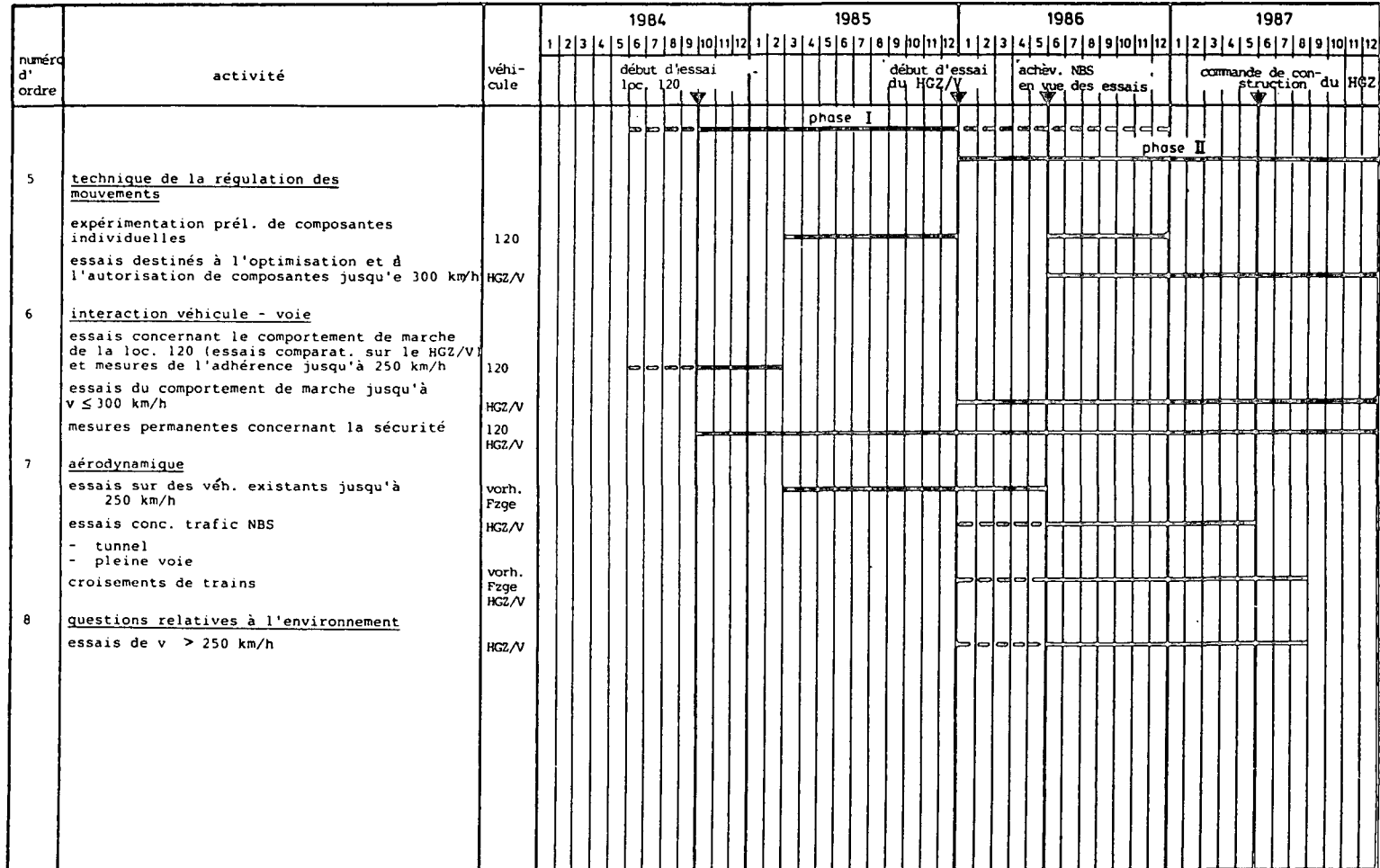


Figure 15. Calendrier des essais.



Figure 16. Installation d'essai du système à sustentation magnétique TVE.

Planification dynamique des investissements pour des voies de communication à grande distance

M. Rothengatter
Universität Ulm

RFA

I. De la nécessité d'un planning des priorités

Les problèmes de priorité dans la construction et l'extension de réseaux de transports apparaissent tout d'abord en raison :

- de la nécessité d'adapter l'infrastructure au développement dans le temps de la demande ;
- de l'exigence de mettre en œuvre d'une manière aussi efficace que possible dans le temps les forces productives de l'économie nationale considérée.

Dans une économie où tous les marchés sont organisés d'une manière parfaite, où le mécanisme de fonctionnement du marché conduit par le biais de signaux de prix corrects à des comportements optimaux économiquement parlant, où toutes les capacités de production sont pleinement exploitées et où règne ainsi le plein emploi, traduire ces exigences en une consigne d'action concrète pour l'investisseur public n'est pas un problème.

Le moment le plus avantageux pour réaliser un projet est celui où le bénéfice économique dépasse le niveau de rémunération du capital investi.

Une règle de ce genre est simple et plausible, comme le sont de toute façon bien des choses dans un monde parfait où tout devient simple. Malheureusement, ce monde parfait n'existe pas, nos entreprises fonctionnent pour partie avec des capacités inexploitées, tout particulièrement dans le secteur des travaux publics, et il ne saurait être question de plein emploi. Dans le cas d'une économie vivant dans le sous-emploi, il doit y avoir encore d'autres arguments tendant à exiger la formation de priorités pour des investissements publics et à influencer le mode de cette formation des priorités. On pourrait résumer ceux-ci en style laconique par :

- pénurie de moyens financiers
- pénurie d'informations.

Si l'argent disponible n'est pas suffisant pour exaucer sur-le-champ tous les souhaits, il sera indispensable de prolonger dans le temps les approvision-

nements correspondants. N'importe quel budget de foyer individuel connaît bien ce problème qui semble d'une évidence immédiate, voire banale. Mais pour le spécialiste de l'économie, le manque d'argent est toujours l'indice d'une insuffisance de force d'orientation gouvernant les marchés. Car il signale que les individus ne peuvent plus décider librement de tous les projets d'achat et de vente, mais subissent des restrictions dans leur action. Par exemple, la situation sur le marché du travail est caractérisée par le fait que beaucoup d'individus voudraient bien travailler davantage mais ne peuvent exécuter ces projets en raison des barrières installées dans le marché. Un temps fixe de travail ou une indemnité fixe de chômage aboutit automatiquement à un budget fixe et bien établi qui limite les projets d'achat de l'individu concerné.

Ce qui vaut pour l'individu peut aussi être transposé à la situation de l'Etat. Un système d'économie nationale fonctionnant à un régime sous-optimum ne peut fournir à l'état des moyens suffisants pour lui permettre de réaliser tous les investissements économiquement valables aux moments où ces derniers seraient judicieux en l'absence de toutes contraintes. Cela signifie que, même si les mesures d'investissement envisagées sont « correctement » évaluées et appréciées par les instances et services compétents, le bic rouge du ministre des Finances peut contraindre à un report dans le temps de projets économiquement dignes d'être réalisés.

Le manque d'informations est une raison supplémentaire conduisant à échelonner dans le temps les investissements publics. Pour être exact, l'information imparfaite ou incomplète est considérée par nombre d'économistes comme étant la véritable cause des imperfections dans les marchés et constitue, de ce point de vue, un argument transcendant les problèmes individuels, recouvrant et expliquant l'existence des barrières opposées à l'action de l'homme. Or, qu'entend-on par pénurie d'informations ?

Nous avons une bonne connaissance des événements du passé, même si tel ou tel économètre peut déplorer l'état incomplet ou le manque de consistance d'éléments statistiques. En revanche, nous avons grand mal à prédire les développements du futur. Qui ne connaît pas l'adage préféré des économètres : « La difficulté particulière du pronostic tient à ce qu'il porte sur l'avenir ». Dans le domaine des transports, trois aspects ont de l'importance :

- le développement de la demande est incertain (mobilité ; motorisation ; effets de nouvelles technologies de la communication) ;
- le développement des technologies des transports ne peut être prévu que d'une façon imparfaite (technique des véhicules ; nouveaux systèmes de locomotion ; trains à grande et très grande vitesse) ;
- le développement des préférences de la collectivité demeure une grande inconnue dans les projets d'avenir (poids des aspects de l'environnement ; souci de prévention de l'avenir pour les générations futures).

Le dernier aspect évoqué paraît singulièrement significatif. Que l'on songe par exemple à ce qu'étaient les plans de transport dans les années soixante ou soixante-dix, dans lesquels on tenta de dépasser la planification entreprise sous l'incitation des goulets d'étranglement des années cinquante par des études de projets de réseaux prospectifs, conçus pour de vastes espaces territoriaux. Les participants allemands se souviendront sans doute encore parfaitement du plan Leber ou du plan Gscheidle. Le plan Leber s'élabora

sous l'empire de l'hypothèse des valeurs, guère contestée à l'époque, selon laquelle les besoins futurs de mobilité de la société devaient être satisfaits par une extension en conséquence de l'infrastructure. Nul ne devait plus avoir à circuler sur des distances déraisonnables pour atteindre la bretelle d'accès la plus proche de l'autoroute, le trafic sur ces autoroutes devant se distinguer par la caractéristique de facilité et fluidité.

En l'espace d'une phase de temps fort brève – jaugée à la mesure de la durée de service des autoroutes ou des lignes ferroviaires – les conceptions de valeur dans la société furent fondamentalement bouleversées. Le dépérissement des forêts a obtenu en très peu d'années ce que des dizaines d'années d'activité du club de Rome dans le public n'ont pas réussi à réaliser.

C'est ainsi qu'aujourd'hui les arguments d'écologie et d'économie de l'énergie se placent au moins à égalité de poids aux côtés des arguments en faveur du raccourcissement des temps de transport.

Vu à partir des conceptions de valeurs sociales d'aujourd'hui, le fait que l'argent ait manqué pour réaliser rapidement les plans ambitieux des années soixante et soixante-dix apparaît à proprement parler comme une bénédiction. La faiblesse des moyens budgétaires a fait que les erreurs de planification engendrées par les erreurs d'appréciation des desiderata et des possibilités futurs purent encore être rectifiées.

Dans cette mesure, un budget restreint ne constitue pas seulement un frein contraignant qui empêche une société de se procurer sans délai ce qu'elle estime valable, il est plutôt un correctif utile pour les projets d'investissement devant être répartis à long terme.

II. Concept d'une planification dynamique des investissements pour les voies de communication à grande distance

On utilise traditionnellement dans le domaine des transports, des indices caractéristiques de la rentabilité comme par exemple, la différence entre bénéfices et coûts, le rapport bénéfices/coûts ou le taux de rentabilité interne des projets considérés, y compris pour déterminer le degré d'urgence. A cet effet, le pronostic est établi pour l'année considérée selon le principe du « avec/sans ».

Ceci sous-entend que :

- l'évolution du rapport bénéfice ou avantages/coûts demeure invariable dans le temps,
- les avantages et les coûts de mesures devant être comparées entre elles soient indépendants les uns des autres.

Or, on est fréquemment contraint dans la pratique à appliquer des méthodes dont la science se détourne avec horreur. Seulement la question est de savoir si la science peut proposer quelque chose de mieux qui soit en même temps praticable.

La réponse au problème de la planification des priorités dans les transports grande distance est : oui, pourvu que la structure du problème des priorités ait été clairement formulée. De ce fait, il est possible d'en dériver des

procédures praticables qui prennent appui sur les particularités du domaine de l'application. A ce stade, il serait nécessaire d'entrer plus en détail dans la discussion des techniques de prévision et de planification. Ce genre de discussion, accompagné de l'appareil formel correspondant et du fondamentalisme de méthodologie propre à une discipline scientifique, n'est le plus souvent stimulant que pour un petit nombre d'experts et de spécialistes dans ce domaine. En lieu et place de ces débats, nous allons ici simplement formuler quelques exigences demandées à une planification dynamique des investissements dans le secteur des transports dont il semble réaliste de penser que leur conversion dans une méthode praticable soit faisable.

Ces exigences peuvent être regroupées en quatre points :

- substitution de pronostic des moments choisis par un pronostic des périodes idoines ;
- saisie de l'interdépendance dans le réseau ;
- saisie de l'interdépendance dans la demande ;
- saisie de l'interdépendance budgétaire.

A. La substitution du pronostic des moments choisis par un pronostic de périodes idoines

Il est d'usage dans les transports de faire des projections sur les activités des transports à un niveau global (mobilité, motorisation, émergence des transports) pour une période fixée dans l'avenir, comme par exemple pour l'an 2000. Pour les besoins d'une planification dynamique, ceci n'est pas satisfaisant ; par contre, ce qu'il faut, c'est connaître l'évolution dans le temps des grandeurs mentionnées, étant bien entendu que l'horizon limitant les prédictions devrait aller bien au-delà des limites temporelles habituelles jusqu'à présent.

Alors que l'exigence d'une préparation dans le temps et par période des prédictions globales peut être remplie sans autre forme de procès à l'aide des modèles prévisionnels existants, le souhait de prolonger les pronostics établis au-delà de l'an 2000 bute contre la réticence, voire le refus de tous les pronostiqueurs travaillant consciencieusement. Et de fait, plus la distance dans le temps s'accroît par rapport au moment présent, moins il devient licite de parler d'un pronostic véritable plutôt que de tendances attendues dans le développement ou de scénarios du futur. Cela signifie qu'il ne faut pas s'imaginer le développement dans l'avenir comme une voie à couloir de circulation unique, mais plutôt comme un sentier frayé à travers un labyrinthe comportant différentes issues. L'art des experts doit donc être de dépasser le stade où l'on déduit un petit bout d'avenir à partir des observations du passé, pour au contraire s'investir de plus en plus dans l'acte d'esquisser prospectivement, par une expérimentation créative de l'esprit faisant appel aux connaissances des comportements de l'homme, des développements imaginables sur une période relativement longue. La différence dans les résultats des différents scénarios peut constituer un indice de l'incertitude affectant la planification à long terme.

B. La saisie de l'interdépendance dans le réseau

Les avantages et les coûts des investissements effectués dans le réseau des transports à grande distance ne sont pas du tout de grandeurs constantes, ils dépendent bien au contraire du stade d'extension du réseau. La charge

du trafic d'un tronçon d'autoroute en projet, par exemple du tronçon de liaison entre Stuttgart et Ulm (A8), dépend de l'achèvement d'autres portions, en l'occurrence du tronçon d'autoroute Würzburg-Ulm (A7). Cette relation interne du réseau joue un grand rôle précisément en ce qui concerne les priorités. Car un tronçon donné peut avoir une faible importance au stade final d'achèvement du réseau, mais en avoir une très grande pour les phases intermédiaires de réalisation. Cependant, si l'état définitif ne doit pouvoir être atteint que dans 40 à 50 ans (selon les perspectives d'aujourd'hui), la mesure envisagée, si elle peut ne pas être hautement rentable, peut en revanche fort bien être très urgente.

Pour le planificateur, cette interdépendance dans le réseau représente une complication énorme de sa tâche de planification qui n'est de toute façon pas aisée. Car elle demande une description et une appréciation d'une multitude de phases et d'états du réseau. Or, dès un nombre encore très restreint de possibilités, la voie la plus simple pour trouver les solutions – c'est-à-dire le relevé exhaustif de toutes les possibilités – n'est plus praticable, même avec l'assistance de l'informatique (2^{10} combinaisons pour 10 projets). Toutefois, on arrive à associer des principes logiques et les connaissances des experts au point de pouvoir générer un nombre limité d'états du réseau parmi lesquels se trouvent selon une grande probabilité les meilleures possibilités d'extension du réseau.

C. La saisie de l'interdépendance dans la demande

Les modifications profondes dans le réseau d'un mode de transport donné, songeons à cet égard par exemple aux nouvelles liaisons ferroviaires comme Paris-Lyon en France ou comme Hanovre-Würzburg en Allemagne fédérale, ont des répercussions sur le trafic, non seulement du mode de transport considéré, mais des retentissements également sur l'ensemble de la demande de liaisons à grande distance dans les corridors intéressés, c'est-à-dire sur la demande dans les transports par route et par avion (pour le transport des marchandises vient s'y ajouter encore la batellerie). Cela signifie deux choses :

1. des raisons économiques d'environnement et de politique énergétique excluent tout développement parallèle de réseaux des différents modes de transport se faisant mutuellement concurrence dans la recherche d'une même clientèle. La formation d'un point fort sera nécessaire qui ménagera la priorité au mode de transport capable de fournir le service en question dans des conditions particulièrement avantageuses, économiquement ;

2. pour peu qu'on veuille bien entendre le terme « économique » au sens élargi de cette notion, c'est-à-dire au sens donné en économie nationale, l'influence exercée sur la demande du secteur privé dans le sens d'objectifs sociaux prescrits est une conséquence inéluctable. Il ne faut pas s'attendre à un déplacement notable de la demande d'un mode de transport jouissant d'une préférence individuelle à un autre mode de transport socialement souhaitable, sans mesure d'accompagnement de régulation relevant de l'offre et de la tarification proposées.

Bien que la nécessité de plans globalisants, assistés par des systèmes d'influence en accompagnement, paraisse inéluctable, il convient néanmoins de formuler certaines remarques restrictives. L'expérience historique démontre qu'à trop restreindre les paramètres régulateurs, on engendre une contrepression qui risque de pouvoir retarder, stopper, voire inverser le dévelop-

pement social souhaitable. C'est pourquoi les mesures pour influencer les comportements devraient s'accompagner de contraintes subjectivement perceptibles d'une ampleur aussi réduite que possible.

D. La saisie de l'interdépendance budgétaire

Les investissements pour les transports demandent une planification prospective, une programmation et une approche budgétaire ; ils sont des éléments constitutifs du plan global à long terme, du plan financier à moyen terme et des prévisions budgétaires à court terme. Les projets d'une certaine envergure vont de pair avec des dépenses qui s'étalent sur des années, voire des décennies. Il s'ensuit qu'un grand projet peut être de nature à retarder pour longtemps d'autres grands projets dont l'utilité économique ou la rentabilité n'est qu'infiniment inférieure. Ceci démontre qu'en présence d'insuffisances budgétaires, l'appréciation correcte de l'urgence des différentes mesures possibles est plus importante que d'établir le niveau absolu de leur utilité économique (supposée positive).

Les calculs budgétaires réalisés par les services fiscaux et financiers demandent, outre les avantages, bénéfiques ou les coûts, encore deux autres paramètres initiaux :

- le taux des intérêts et
- le taux des budgets par périodes.

Le taux d'intérêt théoriquement retenu pour les calculs, fait que les avantages et les coûts créés à différents moments deviennent comparables et permet de déterminer des indices d'appréciation, comme par exemple l'indice d'appréciation de la valeur en capital. Un taux d'intérêt trop fort favorisera les projets de courte durée et ceux promettant des bénéfices importants à court terme. De plus, il résultera que le programme optimum d'investissements à long terme, c'est-à-dire la quantité de projets ayant une valeur en capital positive, ait une ampleur modérée. Un taux d'intérêt bas, par ailleurs, peut impliquer un suréquipement en infrastructure publique et gréver en conséquence l'avenir des générations futures par des coûts consécutifs à des erreurs d'investissements.

Dans le cadre du concept d'une planification dynamique des investissements pour les voies de communications à grande distance, tel que nous le défendons ici, nous partons de l'idée que le taux d'intérêt est censé avoir une fonction d'orientation à long terme et n'est pas appliqué pour une manipulation à court terme du programme des investissements en vue de satisfaire des impératifs budgétaires. Si tel est le cas, le taux d'intérêt applicable à des projets d'infrastructure de longue haleine doit être dérivé par un calcul établi, lui aussi, sur le long terme. Pour ce faire, en Allemagne fédérale, une étude sur le potentiel de croissance à longue échéance de l'économie allemande fut effectuée en tenant compte des ressources limitées de l'environnement. Il s'avère en conséquence que le potentiel de croissance pour une technologie de production donnée est essentiellement fonction de trois grandeurs :

- du taux de croissance du progrès technique ;
- de l'option préférentielle de la société en faveur des ressources naturelles ;
- de la disposition de la génération présente à se soucier de préserver les possibilités des générations futures.

En l'occurrence, le taux de croissance du progrès technique est un jalon de marquage moyen d'orientation. Ce dernier se situe, en Allemagne fédérale, autour de 2,5 %. Compte tenu des distorsions actuelles des marchés financiers et de leur consolidation plutôt hésitante, il est justifiable d'arrondir ce taux à 3 % (en réel). Calculer le coût des intérêts des flux de bénéfice/coût à ce taux qui semble présentement faible, est indiqué dès lors que les projets devant être appréciés font appel, en fin de compte, à un usage économique et à un ménagement des ressources naturelles.

On peut résoudre d'une manière fort simple le problème d'établir des budgets par périodes pour les investissements prévus dans les transports par le fait de prendre pour base sous-jacente les prescriptions du ministre des Finances ou d'extrapoler pour l'avenir des éléments chiffrés connus du passé. En revanche, dans le cadre d'une analyse économique exigeante, on tentera de réunir les mesures nécessaires pour la période du plan budgétaire et de financement, telles qu'elles apparaissent raisonnables et appropriées compte tenu de la pénurie des moyens financiers et de formuler à partir de celles-ci les demandes budgétaires économiquement soutenues du ministère des Transports au ministère des Finances.

Tenter de déduire des budgets de périodes adéquats suppose que soit formulé un environnement économique dans lequel existent des possibilités d'investissement limitées à court et à moyen terme pour l'état, mais dans lequel la perspective d'une réalisation du programme optimum de longue haleine semble quand même concrétisable à long terme. A cet égard, ce qui importe tout particulièrement est que les conditions délicates qui président actuellement au marché financier et les impératifs politiques visant la restriction des possibilités d'emprunt arrivent à pleine maturation. Le concept mis au point pour résoudre le problème d'établissement et d'intégration du budget comporte, à son tour, l'hypothèse fondamentale qui entend que l'environnement représenté par des ressources susceptibles de s'épuiser doit se voir conférer un poids correspondant dans la procédure d'appréciation des priorités et qu'il convient de rechercher un partage honnête entre les générations du temps présent et futur.

000. Résumé

On retiendra en résumé :

- Des budgets limités sont une caractéristique inhérente à notre monde économique.
- Des budgets limités conduisent à la nécessité de calculs différenciés des urgences. Ces derniers peuvent avoir plus d'importance que d'établir en elle-même la rentabilité en présence des fortes tensions budgétaires.
- Les méthodes actuellement appliquées dans les transports pour apprécier le degré d'urgence ne sont pas satisfaisantes.
- Des améliorations de méthode peuvent être réalisées qui visent à faire entrer dans la procédure des pronostics sur des périodes idoines, les interdépendances dans le réseau, dans la demande et budgétaires.
- Le concept d'une planification dynamique des investissements doit intégrer, d'une part, les prévisions à long terme pour les décisions d'investissements,

mais pouvoir, d'autre part, être adapté avec souplesse aux conditions technologiques et aux souhaits de la société qui sont changeants.

– Les réflexions faites sur les priorités ne doivent pas uniquement s'orienter en fonction des goulets d'étranglement actuels ou escomptés, mais reprendre également des éléments visant à assurer l'avenir.