



ORGANISATION
FOR ECONOMIC
CO-OPERATION AND
DEVELOPMENT



18TH MADRID 2009

INTERNATIONAL     
TRANSPORT RESEARCH SYMPOSIUM

Document de référence n° 2009-16

Novembre 2009

Les perspectives du transport interurbain de personnes Rapprocher les citoyens

SESSION 2 : ADAPTER LES RÉSEAUX AU MARCHÉ DU TRANSPORT
DE PERSONNES : L'ÉVALUATION ET LA PLANIFICATION À LONG TERME

Quand investir dans des lignes à grande vitesse ?

par

Chris NASH

Institute for Transport Studies
Université de Leeds
Royaume-Uni

Les points de vue exposés dans ce rapport sont ceux de son auteur et ne représentent pas nécessairement ceux de l'Institute for Transport Studies, de l'OCDE ou du Forum International des Transports.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	3
2. RAISONS DU PASSAGE À LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE	4
3. IMPACT SUR LA RÉPARTITION MODALE	6
4. ÉVALUATION DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE	7
5. ÉTUDES DE CAS	14
6. DÉTERMINANTS DE LA VIABILITÉ SOCIALE DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE	16
7. EFFETS DE RÉSEAU	19
8. POLITIQUE TARIFAIRE	21
9. CONCLUSION	23
BIBLIOGRAPHIE	26

1. INTRODUCTION

Il existe plusieurs définitions de la notion de grande vitesse ferroviaire, mais la plus courante est celle qui en fait un système ferroviaire conçu pour une vitesse maximale supérieure à 250 km/h (UIC, 2008). Une telle vitesse postule toujours la construction de nouvelles lignes, même si les trains qui les parcourent peuvent aussi circuler, à vitesse moins élevée, sur les lignes existantes.

Plusieurs pays ont aménagé des lignes existantes pour y relever les vitesses autorisées et lancé des trains pendulaires sur les lignes sinueuses. Ces trains ne dépassent toutefois normalement pas les 200 km/h, mais cette technologie permet d'améliorer le service à moindre coût dans des pays qui disposent de capacités suffisantes pour faire face à l'augmentation de la disparité des vitesses pratiquées sur des lignes à trafic hétérogène. La plupart des pays qui, comme la Grande-Bretagne et la Suède, ont opté au départ pour cette stratégie envisagent aujourd'hui de construire des lignes à grande vitesse.

La seule technologie tout à fait nouvelle à être arrivée à un stade proche de la mise en œuvre est celle de la sustentation magnétique, mais aucun pays n'utilise ce genre de système pour ses transports interurbains. Il avait été proposé de l'utiliser entre Hambourg et Berlin, mais le projet a été abandonné et l'axe Tokyo–Nagoya, au Japon, est le seul pour lequel le système reste à l'étude. Cette technologie est apte à des vitesses très élevées, mais elle pâtit à la fois de son coût et de sa rigidité due au fait que les trains qui circuleraient sur les nouvelles infrastructures ne pourraient pas terminer leur trajet sur des voies classiques. Cette dernière forme d'exploitation est commune à tous les nouveaux systèmes à grande vitesse de par le monde, même là où, comme en Espagne et au Japon, les nouvelles lignes ont un écartement qui diffère de celui des voies existantes (l'Espagne utilise des bogies adaptables à des écartements différents, tandis que le Japon pose des voies à double écartement sur des distances limitées). La sustentation magnétique a ses meilleures chances d'adoption là où le trafic suffit pour justifier l'installation d'une nouvelle ligne spéciale parallèle à une ligne existante et l'axe le plus susceptible de remplir cette condition dans un avenir proche est le corridor du Tokaido, au Japon.

Les seuls systèmes interurbains à grande vitesse à avoir été réalisés à ce jour marient donc une technologie ferroviaire classique à des infrastructures nouvelles spécialisées utilisées sur une partie et non la totalité des parcours. Tel sera donc le thème principal de la présente étude.

Le chapitre suivant analyse les raisons qui président au passage à la grande vitesse ferroviaire de par le monde. Viennent ensuite l'examen de son impact sur la répartition modale, l'analyse des modalités d'évaluation de la grande vitesse ferroviaire explicitée par quelques exemples concrets, l'étude d'un modèle destiné à identifier les principaux déterminants de sa viabilité sociale et, enfin, diverses réflexions sur les effets de réseau et la tarification de l'accès aux voies. Le rapport se termine par un chapitre de conclusions.

2. RAISONS DU PASSAGE A LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE

Le Japon est le premier pays du monde à avoir construit une ligne affectée à la circulation de nouveaux trains à grande vitesse (à l'origine 210 km/h, soit pas assez pour répondre au critère évoqué ci-dessus). Il l'a fait parce que la ligne du Tokaido était à l'origine à voie étroite (1.126 m), c'est-à-dire inapte à la grande vitesse, et arrivée à saturation. La double volonté d'augmenter considérablement la capacité d'un des corridors les plus chargés du monde et d'abrèger nettement les temps de parcours pour concurrencer l'avion a amené à approuver la construction d'une nouvelle ligne à grande vitesse et à écartement normal. Le Shinkansen a commencé à circuler entre Tokyo et Osaka le 1er octobre 1964 et a immédiatement rencontré un tel succès (23 millions de voyageurs dès sa première année) que les Japonais ont demandé son extension à d'autres régions du pays (Matsuda, *in Whitelegg et al.*, 1993). Des considérations macroéconomiques, notamment de développement régional et d'égalité, ont amené à investir dans la grande vitesse ferroviaire sur des axes progressivement moins chargés et moins rentables. Au moment où les chemins de fer japonais ont été réorganisés et divisés en plusieurs entreprises commerciales régionales distinctes en 1987, les infrastructures de la grande vitesse ont été attribuées à une holding spéciale (société holding du Shinkansen) à laquelle les nouveaux opérateurs ont dû verser des redevances d'utilisation de ces infrastructures calculées sur la base de leur capacité de payer, ce qui permettait de couvrir le déficit de certaines lignes au moyen des bénéfices réalisés sur d'autres (Ishikawaka et Imashiro, 1998). Ce montage a été redessiné par la suite et la holding Shinkansen vendue aux opérateurs, afin que cette activité apparaisse dans leur bilan, mais le principe du calcul des redevances sur la base de la capacité de payer plutôt que des coûts de construction a été maintenu.

Le succès de la grande vitesse japonaise, notamment sa conquête de parts du marché de l'avion, est sans aucun doute un des facteurs qui ont le plus incité les chemins de fer européens à s'engager dans la même voie. Le second pays à avoir tenté l'expérience est la France où des études économiques et techniques approfondies ont débouché sur un projet de construction d'une nouvelle ligne à grande vitesse entre Paris et Lyon, motivé ici aussi par la pénurie de capacité disponible sur l'axe en cause et l'intensification de la menace de concurrence aérienne (Beltran, *in Whitelegg et al.*, 1993). Le TGV Sud-Est a commencé à circuler, à des vitesses allant jusqu'à 270 km/h, entre Paris et Lyon en 1981. La qualification « Sud-Est » visait à souligner l'effet de réseau de cette ligne qui desservait non seulement le marché Paris-Lyon, mais aussi de nombreuses autres destinations au-delà de Lyon. Dès ces premiers temps, les bureaux d'étude ont réfléchi à la mise en place d'un réseau de lignes dont la justification reposait, non seulement sur des analyses des coûts et avantages en termes de transport, mais aussi sur des espoirs d'impacts économiques régionaux de grande ampleur (Polino, *in Whitelegg et al.*, 1993). L'accessibilité des trains à grande vitesse à tous à des prix raisonnables (démocratisation de la vitesse) est une facette importante de la philosophie qui a contribué à leur popularité. Le prolongement de la ligne jusque Marseille et Nice a été suivi de la mise en service du TGV Atlantique Paris-Bordeaux, puis de Paris-Lille-Londres/Bruxelles et plus récemment de Paris-Strasbourg.

La grande vitesse ferroviaire allemande a des origines assez semblables : un manque perçu de capacité face à une augmentation de la demande, accentué par plusieurs goulets d'étranglement apparus sur des relations Nord-Sud dont la division du pays avait fait augmenter l'importance. L'aggravation de la menace de concurrence aérienne et routière a par ailleurs donné naissance à un besoin d'élévation des vitesses jusqu'à un niveau où, comme le marché le demandait, le train irait deux fois plus vite que la voiture et deux fois moins vite que l'avion (Aberle, *in Whitelegg et al.*, 1993). La géographie de l'Allemagne ne se prête toutefois pas à la création d'une grande ligne isolée, mais plutôt à la construction de nouvelles sections de lignes là où des goulets d'étranglement existaient. Ces nouvelles voies étaient conçues pour accueillir du trafic tant marchandises que voyageurs, mais le trafic marchandises y est resté faible. Leur construction, commencée en 1973, ayant été arrêtée par les protestations des défenseurs de l'environnement, il a fallu attendre 1985 pour que l'ICE, le nouveau train à grande vitesse, voie le jour. Des ICE ont été progressivement mis en service sur les principaux axes interurbains allemands, en empruntant de longs tronçons de voies classiques adaptés aux 200 km/h. Le marché de l'ICE diffère donc profondément du marché du TGV français : les déplacements courts y sont plus nombreux, la réservation n'est pas obligatoire et des taux d'occupation de 50 pour cent en moyenne, contre 70 pour cent sur les TGV français, y sont tolérés.

La géographie de l'Espagne ressemble plus à celle de la France : les distances entre les grandes villes y sont grandes et la population des espaces intermédiaires encore plus clairsemée. Dans un contexte où les chemins de fer espagnols, dotés d'infrastructures d'assez piètre qualité, cédaient rapidement des parts de marché à la voiture et à l'avion, la grande vitesse ferroviaire était considérée comme une des voies du retour à la compétitivité ainsi que comme un moyen de promotion du développement économique régional (Gomez-Mendoza, *in Whitelegg et al.*, 1993). La construction de la première ligne Madrid-Séville a été accélérée, afin de faire coïncider sa mise en service avec l'ouverture de l'exposition internationale de Séville de 1992, tandis que la construction d'un réseau complet s'est inscrite dans le cadre d'un grand programme de travaux publics issu d'une politique keynésienne de lutte contre un chômage endémique. L'objectif étant de relier Séville-Madrid-Barcelone au réseau TGV français, les voies sont à écartement normal, alors que les autres lignes de la péninsule ibérique sont à voie large.

L'Italie a construit sa première ligne à grande vitesse entre Rome et Florence. Cette ligne, la Direttissima, a été mise en chantier en 1966 et son premier tronçon ouvert à la circulation en 1976 (Giuntini, *in Whitelegg et al.*, 1993). Il a toutefois fallu attendre 1985 pour qu'une équipe chargée tout spécialement d'étudier la grande vitesse ferroviaire soit mise sur pied et finisse par planifier un réseau de lignes.

Les débuts de la grande vitesse ferroviaire européenne sont purement nationaux et fondés sur des technologies elles aussi purement nationales (la France, l'Allemagne et l'Italie ont chacune construit leur matériel roulant à grande vitesse en faisant appel à leur industrie nationale). Les avantages présentés par la fusion des lignes en un réseau européen interopérable se sont toutefois imposés aux esprits et la création d'un réseau de 15 000 kilomètres de lignes à grande vitesse reliant toutes les grandes villes européennes entre elles est une idée qui a fini par germer (CCFE, 1989). Le Traité de Maastricht de 1993 a appelé à la mise en place d'un réseau de lignes transeuropéennes reliant les lignes à grande vitesse existantes entre elles. La nouvelle ligne Bruxelles-Cologne, le prolongement du TGV Sud-Est jusqu'à la frontière espagnole, la traversée prévue des Alpes entre Lyon et Turin et la liaison des réseaux allemand et français (par le biais du TGV Est) revêtent dans ce contexte une importance stratégique majeure. La prise de conscience du fait que ces lignes allaient être profitables, non seulement aux pays dans lesquels elles sont construites, mais aussi à l'Union Européenne dans son ensemble a conduit à les intégrer dans le réseau transeuropéen et à orienter vers elles une grande partie des maigres fonds européens mobilisables pour les infrastructures de transport. Les pays périphériques

ont également obtenu des moyens de financement substantiels pour leurs projets de grande vitesse ferroviaire auprès des fonds régionaux et de cohésion créés pour réduire les inégalités économiques et sociales en Europe.

En 2006, les trains à grande vitesse européens ont enregistré un trafic annuel de 84 milliards de voyageurs/km, dont plus de la moitié en France (UIC, 2008a). La grande vitesse ferroviaire a entre-temps essaimé dans plusieurs pays asiatiques tels que la Corée, le Taïpeh chinois et la Chine.

3. IMPACT SUR LA REPARTITION MODALE

Le présent chapitre traite brièvement de l'impact sur la part de marché des chemins de fer. Des chiffres détaillés sur les parts de marché témoignent de l'impact initial des lignes Paris–Lyon et Madrid–Séville sur la répartition modale. La ligne à grande vitesse Paris–Lyon a été ouverte à la circulation en deux phases entre 1981 et 1983. Le temps de parcours a été réduit d'environ 30 pour cent par l'ouverture de la section Nord, l'élasticité implicite par rapport au temps de parcours étant donc de l'ordre de -1.6. La mise en service de la section Sud a encore réduit le temps de parcours de 25 pour cent, ce qui ramenait toutefois l'élasticité temps à -1.1. Cette plus faible élasticité s'explique par le fait que le transfert à partir de l'avion s'était déjà presque entièrement opéré pendant la première phase qui avait rendu le train suffisamment rapide pour être réellement compétitif. L'AVE mis en service en Espagne en avril 1992 a ramené la durée du trajet Madrid–Séville de 6 heures et 30 minutes à 2 heures et 30 minutes et transformé un service rébarbatif en un concurrent performant du transport aérien.

Le Tableau 1 chiffre les parts de marché de l'avion, du train et de la route avant et après l'arrivée de la grande vitesse sur ces deux axes. L'impact sur la part de marché des chemins de fer est important, particulièrement en Espagne où l'abrègement du temps de parcours en chemin de fer est le plus marqué. Le train enlève beaucoup plus de trafic à l'avion qu'à la route. Il convient de souligner que les chiffres sont sans doute gonflés par un trafic induit nouveau important. Wilken (2000) signale que le comptage des passagers des trains AVE révèle que 15 pour cent du trafic supplémentaire est du trafic induit tandis que Bonnafous (1987) chiffre à pas moins de 49 pour cent la part du trafic supplémentaire enregistré sur Paris–Lyon pendant les quatre premières années représentée par le trafic induit. En d'autres termes, le transfert depuis l'avion est effectivement substantiel, mais la réduction de la part de marché de la route s'explique en grande partie par l'importance du trafic ferroviaire induit plutôt que par un transfert direct de trafic de la route vers le rail.

Tableau 1. **Parts de marché d'avant et d'après l'arrivée de la grande vitesse**

	TGV Sud-Est		AVE Madrid-Séville	
	Avant	Après	Avant	Après
Avion	31 %	7 %	40 %	13 %
Train	40 %	72 %	16 %	51 %
Voiture et autocar	29 %	21 %	44 %	36 %

Source : COST 318 (1996).

Des chiffres plus récents sur le partage du marché entre l'avion et le train cités par SDG (2006) et Campos et Gagnepain (2007) montrent que là où le temps de parcours du rail est inférieur à 4 heures, toute réduction de ce temps permet au rail d'élargir rapidement sa part de marché jusqu'à la faire monter à 60 pour cent au moins ou même, dans certains cas, chasser l'avion du marché s'il propose un temps de parcours inférieur à trois heures. L'avenir dépend d'une multitude de facteurs tels que l'instauration d'un régime de taxation environnementale du transport aérien et l'évolution des coûts de la route et des chemins de fer.

Il faut souligner que tel est le cas lorsque pour une majorité de personnes une gare en centre-ville est plus accessible qu'un aéroport : dans des zones à faible densité avec ces centres-villes peu développés et mal desservis en transport public, le constat est différent.

Kroes (2000) fait observer que les chiffres des transferts modaux portent sur des voyageurs qui ne changent pas d'avion dans les aéroports. Le marché des transferts est mal connu. L'intégration progressive des transports par air et par chemin de fer, concrétisée par l'installation de gares TGV dans les aéroports de Paris, Bruxelles, Francfort et Amsterdam, ouvre au chemin de fer de beaucoup plus larges perspectives de pénétration de ce marché, surtout s'il arrive à mieux intégrer la billetterie et le traitement des bagages.

4. ÉVALUATION DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE

Une évaluation nécessitant la comparaison d'une série d'options avec un scénario de référence, il est nécessaire de définir clairement ce scénario de référence et de faire en sorte que la série d'options examinées soit réaliste. Un scénario de référence tablant sur un immobilisme complet peut ne pas convenir, surtout si le trafic augmente, et faire pencher exagérément la balance du côté d'une option particulière, mais ce scénario ne doit pas non plus cumuler des investissements inutiles, parce que l'effet pourrait être le même. Le scénario de référence doit en règle générale être un scénario dans lequel un volume minimum d'investissements a été réalisé, les autres investissements étant à ranger au

nombre des diverses interventions envisageables. Il convient d'examiner ces interventions dans l'ordre croissant de leurs coûts, afin de déterminer s'il peut se justifier de passer à l'intervention plus coûteuse et il convient de même de se pencher sur le calendrier de mise en œuvre de ces interventions. Le simple fait qu'une intervention soit meilleure que le scénario de référence ne suffit donc pas pour prouver qu'elle est souhaitable.

Dans le cas de la grande vitesse ferroviaire, le scénario de référence doit donc ménager une place aux investissements nécessaires à la poursuite des activités existantes et tenir compte des mesures à prendre pour absorber la croissance exogène du trafic, ce qui pourrait impliquer des achats de matériel roulant supplémentaire ou une modification de la structure et du niveau des tarifs. Les autres grandes interventions doivent être rangées au nombre des options effectivement envisageables. Tel pourrait être le cas du renforcement des infrastructures existantes, de l'achat de nouveaux trains pendulaires ou de la construction de capacités routières ou aéroportuaires supplémentaires. La grande vitesse ferroviaire sera aussi au cœur de certaines options telles que l'extension éventuelle de la nouvelle ligne, le choix des destinations à desservir par les nouveaux trains, la fréquence de service à assurer et la politique tarifaire à mener. Il est capital d'examiner suffisamment d'options pour être sûr de trouver la meilleure. La multiplicité des interventions envisageables complique l'évaluation des projets qui concernent la grande vitesse ferroviaire.

Il importe également de se préoccuper du calendrier d'investissement. La grande vitesse ferroviaire peut s'avérer avoir aujourd'hui la valeur nette la plus élevée, mais il pourrait quand même être préférable de retarder l'investissement, si la demande dont elle fait l'objet et les avantages qu'elle procure semblent appelés à augmenter.

La grande vitesse ferroviaire implique la construction de nouvelles lignes, gares et autres infrastructures, l'achat de nouveau matériel roulant, l'augmentation des coûts d'exploitation des trains et l'alourdissement des externalités (bruit, pollution de l'air et réchauffement climatique). Ses principaux avantages se situent au niveau :

- des gains de temps ;
- de l'augmentation de la capacité ;
- de la réduction des externalités des autres modes ;
- du trafic induit ; et
- de l'économie dans son ensemble.

Les gains de temps se comptabilisent dans les voyages d'affaires, les migrations alternantes et les déplacements de loisirs. Une fraction sans doute assez importante de la clientèle des trains à grande vitesse voyage à des fins professionnelles, mais d'aucuns se sont demandé s'il fallait bien attribuer au temps toute la valeur qu'il a dans de telles circonstances, étant donné :

- que beaucoup de voyages d'affaires à longue distance débutent et se terminent en dehors des heures normales de travail ; et
- qu'il est possible de travailler dans un train (Hensher, 1977).

Il a toutefois été démontré que les entreprises sont disposées à payer, même dans de telles circonstances, le temps à la pleine valeur qu'il a en affaires sans doute parce qu'elles estiment trouver avantage à l'abrègement de longues journées de travail et à la moindre fatigue des membres de leur personnel (Marks, Fowkes et Nash, 1986).

L'augmentation de la capacité n'a évidemment de valeur que si la demande excède la capacité de la ligne existante. Sa valeur procède dans un tel cas du fait, non seulement qu'elle autorise une augmentation du trafic entre les villes desservies par la ligne à grande vitesse, mais aussi qu'elle permet, en déchargeant les lignes existantes, d'y faire de la place pour d'autres services tels que le transport régional de voyageurs ou le transport de marchandises. Une telle situation fait évidemment de la construction de nouvelles capacités destinées au transport régional de voyageurs ou au transport de marchandises plutôt qu'au transport de voyageurs à grande vitesse une autre option à prendre en considération. S'il est, en tout état de cause, décidé de construire des nouvelles capacités, il convient de comparer le suravantage procuré par la grande vitesse au surcoût qu'elle engendre et cette comparaison risque de parer la grande vitesse de beaucoup plus d'attraits que si le coût total des nouvelles lignes devait se justifier par le relèvement des vitesses. Il est aussi clairement prouvé (Gibson *et al.*, 2002) que le maintien d'infrastructures ferroviaires à des niveaux d'exploitation moins proches de leur saturation est bénéfique à la fiabilité et peut aussi éviter le surencombrement des trains, deux avantages hautement appréciés par la clientèle, notamment d'affaires, des chemins de fer (Wardman, 2001).

Le nouveau trafic du rail provient, comme il l'a déjà été souligné, en grande partie, mais non en totalité, d'autres modes, essentiellement la voiture et l'avion. Si la tarification de l'usage des infrastructures de ces modes ne couvre pas le coût marginal social du trafic en cause, ce transfert sera profitable. Il est fréquemment avancé que la grande vitesse ferroviaire est porteuse d'avancées environnementales substantielles dans la mesure où elle enlève du trafic à la route et, surtout, l'avion dont les émissions de gaz à effet de serre sont beaucoup plus importantes. Par ailleurs, et comme il l'a été rappelé ci-dessus, une fraction notable du nouveau trafic est du trafic induit ou hérité des services classiques qui, parce qu'ils sont moins rapides, devraient normalement consommer moins d'énergie. Les trains à grande vitesse sont évidemment tous électriques, ce qui leur permet d'utiliser une source d'énergie sans carbone, alors que le transport routier interurbain et le transport aérien sont actuellement asservis au pétrole. Les trains électriques ne causent pas non plus de pollution locale de l'air, abstraction faite des fines particules émises au freinage, mais la pollution visuelle et le bruit produits par une nouvelle ligne à grande vitesse font souvent l'objet de polémiques.

L'étude de CE Delft (2003) est une des rares études qui ventilent les émissions entre la voiture, l'avion et le train en opérant, pour ce dernier, une distinction entre les différents types de services assurés. Ses conclusions peuvent se schématiser comme suit :

Tableau 2. **Ventilation de la consommation d'énergie par mode (2010)**

	Grandes lignes	TGV	Avion (500 km)	Voiture diesel sur autoroute
Capacité (en sièges)	434	377	99	5
Taux d'occupation	44 %	49 %	70 %	0.36
Énergie primaire (MJ par siège/km)	0.22	0.53	1.8	0.34
(MJ par voyageur/km)	0.5	1.08 (0.76*)	2.57	0.94

* Avec un taux d'occupation de 70 pour cent.

Source : CE Delft (2003).

Il ressort de ces chiffres que le train à grande vitesse l'emporte nettement sur l'avion, fait jeu égal avec la voiture et fait nettement moins bien que le train classique. Une étude récente, non publiée, réalisée pour Network Rail révèle que sur une nouvelle ligne à grande vitesse très chargée reliant Londres à Manchester, l'énergie incorporée dans l'infrastructure pourrait majorer ces chiffres de 15 pour cent, la majoration risquant évidemment d'être beaucoup plus forte si la ligne est moins chargée. Il faut cependant souligner que le taux d'occupation de 40 pour cent indiqué pour les trains à grande vitesse reflète des réalités allemandes où ces trains circulent pendant une grande partie de leur temps à des vitesses classiques sur des lignes classiques et où la réservation n'est pas obligatoire, tandis que le TGV français et Eurostar, avec leurs longs trajets directs, leurs régimes de réservation obligatoire et leurs systèmes sophistiqués de gestion sur la base du rendement, revendiquent des taux d'occupation comparables aux 70 pour cent de l'avion. Un taux d'occupation de 70 pour cent accentue l'avance sur l'avion et ramène le train à grande vitesse à un niveau inférieur à celui de la voiture, mais toujours de moitié plus élevé que celui du train classique. Compte tenu de la nature des transferts modaux et de la génération de trafic évoquée ci-dessus, les réductions et majorations de coûts tendent à s'équilibrer et l'arrivée de la grande vitesse ferroviaire ne peut pas déboucher sur des économies substantielles d'énergie. Là où il n'y a que de faibles transferts de l'action, cela conduira inévitablement à un accroissement de consommation d'énergie. La réduction des émissions de gaz à effet de serre que la grande vitesse ferroviaire rendrait possible ne peut donc que procéder de l'utilisation d'électricité tirée de sources non fossiles comme cela se passe en France (où la part du nucléaire est importante) et en Suisse (qui produit beaucoup d'hydroélectricité), mais pas dans d'autres pays tels que la Grande-Bretagne.

Le transfert d'une partie du trafic de la route vers le rail réduit, non seulement les émissions de gaz à effet de serre, mais aussi le bruit, les accidents, la pollution locale de l'air et la congestion. Le Tableau 3 ci-dessous indique les valeurs unitaires de ces coûts pour une voiture à essence circulant dans un grand corridor européen défini dans le projet de recherche européen GRACE (voir GRACE, 2005, D7). Les coûts hors périodes de pointe ne diffèrent guère d'une route à l'autre, mais les coûts en période de pointe sont beaucoup plus élevés et varient davantage, parce qu'ils sont largement influencés par les coûts de congestion qui varient quant à eux beaucoup d'une route à l'autre.

Le Tableau 4 montre ce que les automobilistes paient pour ces routes (il n'est pas sûr qu'il faille tenir compte du droit d'accise sur les véhicules, parce qu'il représente un coût fixe inhérent à la possession d'une voiture et ne semble pas devoir peser sur la décision de prendre la voiture pour effectuer un déplacement). Il apparaît qu'en période de pointe il y a jusqu'à 10 centimes d'euro à gagner en débarrassant les routes gratuites d'un certain nombre de voitures et qu'en période creuse, les voitures couvrent plus ou moins leur coût marginal social sur les routes gratuites et vont au-delà de ce seuil sur les routes à péage. Un relèvement du prix d'équilibre du carbone aurait évidemment des répercussions sur cette comparaison, mais le coût des gaz à effet de serre ne représente de toute évidence pas une fraction importante du coût total. En d'autres termes, le problème majeur se situe, dans le cas du transport par route, du côté de la congestion. La décongestion des routes ne pourra toutefois vraisemblablement être porteuse d'avantages nets importants que si ces routes sont encombrées tant en période creuse qu'en période de pointe.

Tableau 3. Coût marginal social et prix des déplacements à longue distance effectués en voiture

Milan – Chiasso

Trajet interurbain

Programme GRACE, voiture à essence

	Pointe	Hors pointe	Nuit
Bruit	0.007	0.011	0.035
Congestion	0.147	0.002	0.001
Accidents	0.015	0.015	0.015
Pollution de l'air	0.001	0.001	0.001
Changement climatique	0.005	0.005	0.005
Usure	0.016	0.016	0.016
	0.191	0.050	0.073

Chiasso – Bâle

Trajet interurbain

Programme GRACE, voiture à essence

	Pointe	Hors pointe	Nuit
Bruit	0.004	0.007	0.021
Congestion	0.194	0.003	0.001
Accidents	0.008	0.008	0.008
Pollution de l'air	0.001	0.001	0.001
Changement climatique	0.005	0.005	0.005
Usure	0.032	0.032	0.032
	0.244	0.056	0.068

Bâle- Duisburg

Trajet interurbain

Programme GRACE, voiture à essence

	Pointe	Hors pointe	Nuit
Bruit	0.005	0.009	0.027
Congestion	0.123	0.002	0.001
Accidents	0.008	0.008	0.008
Pollution de l'air	0.001	0.001	0.001
Changement climatique	0.005	0.005	0.005
Usure	0.019	0.019	0.019
	0.161	0.044	0.061

Duisburg - Rotterdam

Trajet interurbain

Programme GRACE, voiture à essence

	Pointe	Hors pointe	Nuit
Bruit	0.009	0.014	0.043
Congestion	0.122	0.002	0.001
Accidents	0.006	0.006	0.006
Pollution de l'air	0.001	0.001	0.001
Changement climatique	0.005	0.005	0.005
Usure	0.020	0.020	0.020
	0.163	0.048	0.076

Tableau 4. **Prix du transport routier**

Transport routier					
Segment du corridor	km	Voiture Voyageur Péage euro/km	Taxe sur l'essence	Droit d'accise par km Essence pour voiture Euro/km	Prix total
A8 - A9 Milan-Chiasso (I)	50	0.055	0.064	0.013	0.132
E35 Chiasso-Bâle (CH)	279	0.093	0.053	0.010	0.156
A5 – E35 Bâle – Duisburg (A)	584	0.046	0.056	0.012	0.114
E35 – A25 Duisburg Rotterdam (NL)	204		0.058	0.020	0.078

Source : GRACE D7.

Le Tableau 5 rassemble des estimations comparables des coûts sociaux du transport aérien tirées de l'étude IMPACT. L'exonération fiscale du carburant aérien se traduit normalement par une absence de taxation de ses externalités environnementales, sauf dans certains pays (dont la Grande-Bretagne) où une taxe de départ en rend plus ou moins compte. En l'absence de taxe de départ, il reste un coût de quelque 1.5 centime d'euro par passager/km à couvrir sur un vol de 500 kilomètres, soit 7.5 euros au total. En d'autres termes, il serait possible de gagner 7.5 millions d'euros en enlevant 1 million de passagers à l'avion. Le chapitre suivant montrera que cette contribution à la couverture des coûts de la grande vitesse ferroviaire n'a rien d'énorme.

L'autre grand problème du transport aérien est celui de la tarification des créneaux dans les aéroports encombrés. La réservation des créneaux à leurs détenteurs historiques et leur tarification sur la base des coûts moyens d'exploitation des aéroports (ou même de coûts inférieurs à ces coûts moyens) ont pour conséquence que les redevances ne reflètent, ni le coût d'opportunité des créneaux, ni le coût du renforcement de la capacité. Ce facteur peut se révéler important là où, comme à Heathrow, la capacité est cruellement insuffisante et où il est coûteux et difficile de la renforcer.

Tableau 5. **Externalités aériennes (centimes d'euro de 2000 par passager/km)**

Longueur du vol (km)	Pollution de l'air	Changement climatique	
	Émissions directes	Émissions directes	Émissions indirectes
< 500	0.21	0.62	0.71
500 – 1000	0.12	0.46	0.53
1000 – 1500	0.08	0.35	0.40
1500 – 2000	0.06	0.33	0.38
> 2000	0.03	0.35	0.40

Coûts du bruit au décollage ou à l'atterrissage (Schiphol)

	40 sièges	100 sièges	200 sièges	400 sièges
Moyenne de la flotte	180	300	600	1200
Techniques de pointe	90	150	300	600

Source : Manuel IMPACT 2008.

Il ressort de ces chiffres que la réduction des externalités générée par la grande vitesse ferroviaire sera vraisemblablement maximale là où les transports routier et aérien souffrent d'une congestion aiguë et où leur renforcement est à la fois difficile et coûteux, en termes notamment de coûts environnementaux. La grande vitesse ferroviaire a évidemment aussi ses propres coûts externes (bruit, occupation des sols, pollution visuelle) qui doivent être mis en regard de ses avantages. Les coûts externes du transport aérien sont beaucoup plus élevés sur les vols courts, parce qu'ils multiplient les décollages et les atterrissages.

Le trafic induit procure aux voyageurs qui le composent des avantages directs dont la valeur est généralement estimée, par approximation linéaire de la courbe de la demande, égale à la moitié de celle des avantages dont bénéficient les usagers existants. La question de savoir si ce trafic induit est porteur d'avantages macroéconomiques qui ne sont pas pris en compte dans une analyse coûts/avantages classique fait toutefois l'objet de nombreuses controverses. Les déplacements de loisirs profitent à leur lieu de destination par l'argent que les touristes y dépensent, tandis que les migrations alternantes et les voyages d'affaires sont le reflet d'une augmentation ou d'un redéploiement des emplois et des logements ou encore d'une intensification de l'activité économique. Il reste à savoir, le débat en effet n'est pas clos, si ces changements sont le reflet d'une intensification ou d'un simple déplacement de l'activité économique. La théorie enseigne qu'il ne peut y avoir d'avantage net dans une économie parfaitement concurrentielle sans chômage involontaire, mais la pratique montre qu'il y a des raisons pour lesquelles il peut y avoir un surcroît d'avantages. Il s'avère ainsi qu'un investissement qui a fait migrer des emplois vers des régions défavorisées peut réduire le chômage involontaire. La grande vitesse ferroviaire tend toutefois à privilégier les régions centrales, ce qui va à l'encontre de ce qui est souhaité, si les régions défavorisées se trouvent en périphérie.

Il est généralement admis que la réduction des coûts de transport peut générer des coûts ou des avantages qui, en raison d'imperfections du marché telles qu'une non-compétitivité du marché du travail ou des externalités d'agglomération, ne sont pas pris en compte dans une analyse

coûts/avantages classique (Graham, 2005). SACTRA (1999) avance que les avantages macroéconomiques n'excèdent généralement pas 10 à 20 pour cent des avantages mesurés, tandis qu'une étude spécifique du réseau TENS conclut qu'il ne peut guère faire progresser le PIB régional de plus de 2 pour cent (Brockner, 2004). Les effets peuvent cependant être beaucoup plus marqués dans certains cas particuliers. Il est ainsi souvent fait état de l'impact du TGV sur Lille (dont la situation est il est vrai magnifiquement unique), tandis qu'une étude d'une ligne à grande vitesse qu'il est proposé de construire aux Pays-Bas estime que les avantages macroéconomiques majoreront les avantages directs de 40 pour cent (Oosterhaven et Elhorst, 2003). Vickerman (2006) conclut que la grande vitesse ferroviaire peut avoir un impact macroéconomique majeur, mais que cet impact varie considérablement d'un cas à l'autre et est difficile à prévoir.

5. ÉTUDES DE CAS

Assez peu d'analyses coûts/avantages *ex post* de projets spécifiques de grande vitesse ferroviaire ont été publiées à ce jour. Une des rares études publiées, celle en l'occurrence qui porte sur la ligne Madrid-Séville, une ligne qui a transporté moins de 3 millions de voyageurs par an au départ et n'en transporte toujours que quelque 5 millions par an aujourd'hui, conclut que le projet n'était pas justifié (de Rus et Inglada, 1997). Le Tableau 6 fait la synthèse de cette évaluation. Les chiffres montrent que les avantages sociaux de la ligne ne couvrent même pas ses coûts d'exploitation et qu'il aurait donc été préférable, la ligne une fois construite, de ne pas l'utiliser, à tout le moins au début ! Ni la fixation d'un prix d'équilibre pour le facteur travail comme moyen de lutte contre le chômage, ni l'augmentation généralisée des coûts de tous les modes de transport ne pourrait guère corriger le tir. Il est à souligner que les avantages environnementaux ne sont pas chiffrés, mais il a déjà été dit ci-dessus qu'il y a peu de chance qu'ils soient importants. L'avantage présenté par la libération de capacités sur les lignes classiques et dans les aéroports n'a pas non plus été évalué, mais leurs utilisations alternatives restent sans doute peu nombreuses en Espagne, ce qui n'est pas toujours le cas ailleurs comme il le sera montré par la suite.

Tableau 6. Coûts et avantages de la ligne à grande vitesse Madrid–Séville

	Avantage social du TGV*	Croissance du PIB (3 %)	Durée de vie (40 ans)	Prix d'équilibre du facteur travail	Augmentation de 25 % des frais généraux des voitures, trains et autocars
Coûts					
Infrastructure	-237 761	-237 761	-237 761	-200 575	-237 761
Valeur résiduelle	17 636	18 546	5 816	17 636	17 636
Trains	-58 128	-61 003	-61 700	-58 128	-58 128
Entretien	-41 410	-41 410	-45 022	-41 410	-41 410
Exploitation	-135 265	-140 575	-155 516	-135 265	-135 265
Gains de temps					
Trafic transféré					
- Trains classiques	37 665	39 950	44 582	37 665	55 119
- Voiture	4 617	4 898	5 469	4 617	9 779
- Autocar	1 958	2 079	2 321	1 958	2 867
- Avion	0	0	0	0	0
Trafic induit	86 718	92 080	102 951	86 718	92 703
Réduction de coût	18 505	19 629	21 906	18 505	18 505
- Trains classiques	19 020	20 157	22 460	19 020	19 020
- Avion	1 680	1 783	1 990	1 680	1 680
- Autocar	17 412	18 471	20 618	17 412	17 412
- Coût d'exploitation des voitures	4 896	6 284	7 486	4 896	4 896
- Congestion	4 128	4 363	4 867	4 128	4 128
- Accidents					
Valeur actuelle nette des TGV	-258 329	-252 509	-259 533	-221 143	-228 819

* Durée de vie du projet (30 ans), croissance du PIB (2.5 pour cent), taux social d'actualisation (6 pour cent).

Source : de Rus et Inglada (1997).

La France est, comme il l'a été rappelé précédemment, non seulement le pays à la plus longue tradition de grande vitesse ferroviaire, mais aussi un pays qui systématise l'analyse coûts/avantages de tous les projets de transport. Une évaluation *ex post* récente des projets français de ligne à grande vitesse compare les réalités aux estimations *ex ante* de jadis (Tableau 7). Elle montre que des taux de rendement financier et social acceptables et un trafic d'au moins 15 millions de voyageurs par an avaient été promis à toutes les lignes, mais que les taux de rendement effectivement enregistrés sont dans l'ensemble plus faibles, essentiellement parce que dans certains cas, les coûts d'infrastructure se sont révélés plus élevés et les niveaux de trafic plus faibles que prévu. La seule ligne dont le bilan

social s'est avéré marginal est le TGV Nord, une situation qui s'explique par le fait que son trafic est resté loin en deçà du volume auquel une surestimation grossière du trafic Eurostar transmanche avait permis de s'attendre.

Tableau 7. *Évaluation ex post de la construction des lignes à grande vitesse en France*

		Sud- Est	Atlantique	Nord	Interconnexion	Rhône Alpes	Méditerranée
Longueur (km)		419	291	346	104	259	
Coûts d'infrastructure (millions d'euros de 2003)	<i>Ex ante</i>	1662*	2118	2666	1204	1037	4334
	<i>Ex post</i>	1676	2630	3334	1397	1261	4272
	Différence (%)	+1	+ 24	+ 25	+ 16	+ 22	- 1
Millions de voyageurs	<i>Ex ante</i>	14.7	30.3	38.7	25.3	19.3	21.7
	<i>Ex post</i>	15.8	26.7	19.2	16.6	18.6	19.2
	Différence (%)	+ 7.5	- 12	- 50	- 34	- 4	- 11.5
Rentabilité financière (%)	<i>Ex ante</i>	15	12	12.9	10.8	10.4	8
	<i>Ex post</i>	15	7	2.9	6.5	n.d.	n.d.
Rentabilité sociale (%)	<i>Ex ante</i>	28	23.6	20.3	18.5	15.4	12.2
	<i>Ex post</i>	30	12	5	13.8	n.d.	n.d.

Source : Conseil Général des Ponts et Chaussées (2006), Annexe 1.

6. DETERMINANTS DE LA VIABILITE SOCIALE DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE

De Rus et Nombela (2007) et de Rus et Nash (2007) ont analysé les déterminants de la viabilité sociale de la grande vitesse ferroviaire et, plus particulièrement, le volume de trafic nécessaire pour atteindre le seuil de rentabilité dans plusieurs scénarios différents. Ils ont pour ce faire construit un

modèle simple pour calculer les coûts d'investissement, les coûts d'exploitation et la valeur des gains de temps afférents à une nouvelle ligne isolée de 500 kilomètres parcourue par des volumes différents de trafic. Les coûts ont été estimés en partant de la base de données de l'UIC (Tableau 8) et en faisant varier les gains de temps d'une demi-heure à une heure et demie et la valeur moyenne du temps de 15 à 30 euros par heure. Les autres hypothèses clés concernent la proportion du trafic induit et le taux d'augmentation du trafic.

Tableau 8. Coûts estimatifs d'une ligne à grande vitesse européenne de 500km (2004)

		Coût unitaire (milliers d'euros)		Unités	Coût total (millions d'euros)
Coûts d'investissement					
Construction des infrastructures (km)		12000 – 40000		500	6000 – 20000
Matériel roulant (trains)	40	15000	600.0	40	600.0
Coûts d'exploitation annuels					
Entretien des infrastructures (km)		65		500	32.5
Entretien du matériel roulant (trains)		900		40	36.0
Énergie (trains)		892		40	35.7
Personnel		36		550	19.8

Source : de Rus et Nash (2007).

Le Tableau 9 indique le nombre de millions de voyageurs à transporter pendant la première année pour atteindre le seuil de rentabilité, en partant de l'hypothèse que ces voyageurs parcourent la ligne dans sa totalité et en faisant varier les autres facteurs. Il convient de souligner que l'augmentation de la valeur réelle du temps entraînée par la hausse des revenus ainsi que la croissance du trafic peuvent amplifier les avantages. Si la construction est exceptionnellement bon marché, le taux d'actualisation d'à peine 3 pour cent, la valeur des gains de temps très élevée, la proportion du trafic induit forte et l'augmentation des avantages appréciable, le trafic assurant l'atteinte du seuil de rentabilité peut tomber à 3 millions de voyageurs par an, mais il est douteux qu'un tel ensemble de conditions favorables puisse jamais se réunir. Des coûts de construction montant à 30 millions par kilomètre porteront le volume de trafic nécessaire au niveau de 7 millions de voyageurs, tandis qu'une valeur des gains de temps moins généreuse le porterait au niveau plus normal de 4.5 millions de voyageurs, une moindre augmentation des avantages et plus faible proportion du trafic induit à 4.3 millions de voyageurs et un taux d'actualisation de 5 pour cent à 4.4 millions de voyageurs. Il apparaît donc que le

coût de construction est le déterminant clé du volume de trafic à enregistrer pour atteindre le seuil de rentabilité et que l'impact de tous les autres facteurs est moindre. La combinaison de toutes les conditions défavorables ferait monter le volume de trafic nécessaire à 19.2 millions de voyageurs par an et il est évidemment possible d'imaginer des scénarios encore plus catastrophiques. En revanche, un relèvement plus modeste des coûts d'investissement à 20 millions d'euros couplé à l'élévation de la valeur des gains de temps, un taux d'actualisation de 5 pour cent, une proportion de trafic induit de 30 pour cent et une augmentation annuelle des avantages de 3 pour cent ramène le volume de trafic nécessaire pour atteindre le seuil de rentabilité à 9 millions de voyageurs. Un tel chiffre est, dans des circonstances favorables, réaliste pour une ligne à grande vitesse entièrement nouvelle.

Tableau 9. Volume de la demande (millions de voyageurs) nécessaire la première année pour atteindre le seuil de rentabilité dans diverses conditions

Coût de construction (milliers GBP/km)	Taux d'intérêt (%)	Valeur des gains de temps (euros)	Proportion du trafic induit (%)	Taux d'augmentation des avantages (%)	Trafic seuil de rentabilité (millions de voyageurs)
12	3	45	50	4	3
12	3	30	50	4	4.5
30	3	45	50	4	7.1
12	3	45	30	3	4.3
12	5	45	50	4	4.4
30	5	30	30	3	19.2
20	5	45	30	3	8.8

Ces chiffres ne tiennent pas compte des avantages environnementaux nets, mais il a déjà été dit précédemment pourquoi il faut s'attendre à ce qu'ils soient minimales. Ils ne tiennent pas compte non plus des effets de réseau, en l'occurrence de la réduction de la congestion des trafics routier, aérien et même ferroviaire dont il sera question dans le chapitre suivant.

Le Tableau 8 montre que les coûts de construction varient considérablement d'un cas à l'autre, les plus bas étant espagnols et les plus élevés britanniques (Steer, Davis et Gleave, 2004). Ces différences, en partie inévitables, procèdent de l'inégalité entre autres des prix des terrains, bien que ceux-ci ne représentent généralement pas plus de 5 pour cent des coûts d'un projet de ligne à grande vitesse. Le forage des tunnels est l'un des principaux facteurs de coût et l'entrée dans les grandes villes coûte généralement aussi très cher. La ligne britannique à grande vitesse branchée sur le Tunnel sous la Manche est la plus chère à avoir jamais été construite et ce coût s'explique en grande partie par la longueur des tunnels qu'il a fallu forer jusqu'au terminal londonien pour répondre aux objections des défenseurs de l'environnement. Si ces coûts peuvent être évités, en reprenant par exemple des infrastructures ferroviaires sous-utilisées ou inutilisées, le bilan peut s'améliorer considérablement, même si des concessions s'avèrent nécessaires dans le domaine des vitesses (D'aucuns peuvent penser que de telles infrastructures ont peu de chance de se trouver à proximité des grandes villes, mais tel n'est pas nécessairement le cas : plusieurs villes britanniques disposent effectivement de telles infrastructures à la suite de l'abandon de certaines des lignes rivales installées par des compagnies concurrentes aux premiers temps de la mise en place du système ferroviaire).

7. EFFETS DE RESEAU

Laird, Mackie et Nellthorp (2005) démontrent que des effets de réseau peuvent se manifester dans le secteur des transports et engendrer, par le biais d'économies d'échelle, de gamme ou de densité, de congestibilité et d'externalités de consommation, des coûts et des avantages extérieurs au projet en cause. Il convient de se demander si ces avantages plaident en faveur de la grande vitesse ferroviaire.

Il reste à déterminer, après avoir établi que des effets de réseau s'exercent sur les infrastructures routières et aériennes, s'il s'en exerce aussi à l'intérieur du secteur ferroviaire. L'argumentation repose sur l'idée que le prolongement d'une ligne à grande vitesse va faire croître le trafic du tronçon prolongé tout en poussant les coûts unitaires à la baisse et les recettes ainsi que les avantages à la hausse et libérer de la capacité utilisable pour améliorer d'autres services voyageurs ou marchandises en débarrassant les lignes classiques des trains voyageurs rapides. Toutefois, l'équilibre financier de ces dernières peut être amoindri par le transfert de leur trafic le plus profitable.

Une étude britannique portant sur une panoplie d'itinéraires possibles, allant d'une ligne courte Londres–Birmingham (moins de 200 kilomètres) parcourue par des trains qui poursuivraient leur route sur des lignes classiques à une ligne qui, prolongeant la précédente, rejoindrait Édimbourg et Glasgow via Leeds et Newcastle, illustre le propos.

La Grande-Bretagne ne s'intéresse à la grande vitesse ferroviaire, en dehors de la liaison avec le Tunnel sous la Manche, que depuis 2002, année où Atkins a réalisé, en 2003, une étude pour la *Strategic Rail Authority*. L'étude d'Atkins s'inscrit dans un contexte de croissance rapide du trafic tant voyageurs que marchandises qui a débouché sur une congestion aiguë des services grandes lignes et des services de banlieue de Londres et une pénurie de capacités freinant la poursuite de la croissance du trafic marchandises. L'objectif premier était donc de décharger les lignes existantes et de rendre les services interurbains à la fois plus rapides et plus compétitifs. La généralité même du thème obligeait à multiplier les options à imaginer et étudier. Quelque 14 options ont donc été analysées en détail tournant toutes autour, d'une part, du choix à opérer entre une ligne unique qui se diviserait plus ou moins loin vers le Nord en deux branches desservant l'Est et l'Ouest du pays et deux lignes entièrement distinctes et, d'autre part, du point le plus septentrional à atteindre. Le point de départ évident ne pouvait qu'être une nouvelle ligne joignant Londres à la région densément peuplée des Midlands (dont le premier tronçon verrait passer pas moins de 12 trains par heure et par sens pendant une bonne partie de la journée en 2016). Les nouveaux tronçons qui viendraient s'y ajouter accueilleraient un trafic qui irait s'amenuisant plus on monterait vers le Nord, mais cet effet pourrait être contrebalancé par l'augmentation du trafic du cœur du réseau induite par ces prolongements. La géographie britannique a ceci de particulier que la plupart des grandes villes du pays pourraient être desservies par une seule ligne ou quelques courts embranchements d'une telle ligne.

Il avait été prévu que si elle était construite d'entrée de jeu dans sa totalité, la nouvelle ligne transporterait en 2015 près de 50 millions de voyageurs par an, dont la majorité n'en parcourraient toutefois qu'une partie. Ce chiffre particulièrement élevé s'explique par la densité de la population

britannique et le grand nombre de paires origine/destination que la ligne allait desservir. Ces 50 millions de voyageurs proviendraient pour deux tiers des services ferroviaires actuels, le tiers restant se partageant à parts presque égales entre les transferts d'autres modes et le trafic induit. Les transferts modaux devaient s'effectuer pour l'essentiel au détriment de la voiture et rester par contre, eu égard à l'impact exercé ailleurs par la grande vitesse ferroviaire sur le trafic aérien, étonnamment limités au départ de l'avion.

Les résultats de l'évaluation des deux options sont rassemblés dans le Tableau 10. L'option n° 1, en l'occurrence la ligne de Londres aux West Midlands qui semble bien être la première phase obligée de tout programme de déploiement de la grande vitesse ferroviaire en Grande-Bretagne, paraît se justifier pleinement en soi, mais l'option n° 8, celle du prolongement de la ligne jusqu'à Manchester sur la côte Ouest et jusqu'en Écosse sur la côte Est, s'avère elle aussi tout à fait justifiée. Il importe toutefois de se préoccuper aussi des questions de calendrier. L'étude montre que la construction immédiate de l'ensemble de la ligne Est, si elle est réalisable, l'option la meilleure.

Les recettes nettes couvrent plus ou moins les coûts d'exploitation des deux options, mais les coûts d'investissement ne peuvent se justifier que par les avantages non financiers et la libération de capacités. Quelque 75 pour cent des avantages non financiers procèdent des gains de temps et de la diminution de l'encombrement des trains, le reste étant à mettre à l'actif de la diminution de la congestion routière et des accidents. Les avantages environnementaux non quantifiés ont été jugés au total minimales. Il serait intéressant de savoir si des techniques de tarification en temps réel (*yield management*) plus sophistiquées que la structure tarifaire simple prise en compte dans le modèle permettraient de convertir une fraction plus importante des avantages des usagers en recettes. Des techniques de tarification en temps réel sont déjà utilisées pour d'autres services à grande vitesse, notamment les services Eurostar entre Londres, Paris et Bruxelles.

Tableau 10. **Évaluation des options n° 1 et 8 (milliards GBP d'aujourd'hui)**

	Option n° 1	Option n° 8
Recettes nettes	4.9	20.6
Avantages non financiers	22.7	64.6
Capacité libérée	2.0	4.8
Avantages totaux	29.6	89.8
Coûts d'investissement	8.6	27.7
Coûts nets d'exploitation	5.7	16.3
Coûts totaux	14.4	44.0
Valeur actualisée nette	15.3	45.7
Avantages/année	2.07	2.04

Source : Atkins (2003), rapport de synthèse, Addendum Tableau 2.1, après correction des erreurs.

Le Tableau 11 compare les coûts et les recettes unitaires. Les coûts d'investissement au kilomètre sont un peu plus élevés pour l'option ambitieuse que pour l'option n° 1 pour l'évidente raison que le nombre de trains circulant sur la ligne diminue au-delà de l'embranchement vers Birmingham (le nombre de trains par kilomètre de ligne tombe d'environ 300 par jour à près de 200 en passant de l'option n° 1 à l'option n° 8). La recette par train/km augmente toutefois elle aussi de façon sensible, même si le trafic est moins dense sur le prolongement de la ligne que sur sa partie initiale. La raison en

est que la ligne la plus longue attire davantage de trafic et fait ainsi augmenter tant le prix moyen payé que le taux d'occupation sur la première partie de la ligne. Le réseau le plus étendu génère donc des recettes qui couvrent une beaucoup plus grande fraction des coûts que celles du réseau le moins étendu.

Le Tableau 10 chiffre également la valeur estimative de l'amélioration des services et de l'augmentation du trafic que la construction de la nouvelle ligne à grande vitesse permet d'enregistrer sur les lignes existantes. Ces améliorations bénéficieront principalement au trafic de banlieue de Londres et au trafic marchandises auxquels les capacités risquent de faire défaut s'il n'en est pas construit de nouvelles. Ces avantages sont naturellement estimés couvrir une beaucoup plus grande partie des coûts d'investissement de l'option n° 1, qui dédouble la grande dorsale, très chargée, de la côte Ouest, que de ceux de sa prolongation vers le Nord.

Tableau 11. **Coûts et recettes unitaires**

Option	Lignes à grande vitesse (km en 2016)	Coûts d'investissement par train/km	Recette nette par train/km
1	55474	2.58	1.47
8	162067	2.85	2.12

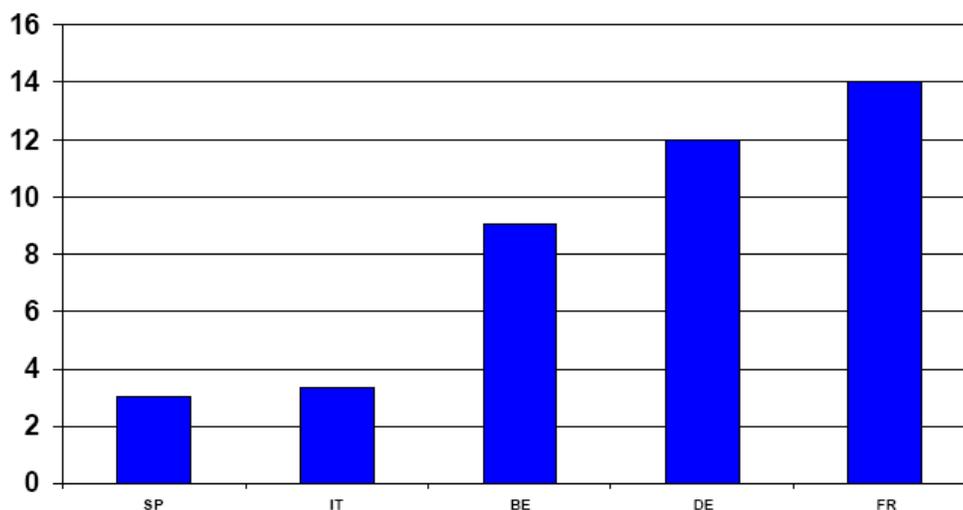
8. POLITIQUE TARIFAIRE

Dans la mesure où les lignes à grande vitesse sont construites sur financement public, le coût d'opportunité de ce financement devrait être considéré ou en requérant un rapport coût-bénéfice nettement supérieur à 1. Dans le cas d'un financement privé, celui-ci devra être rétribué, d'une manière évidente par des droits d'accès à l'infrastructure.

La méthode de financement de la grande vitesse ferroviaire peut également avoir une incidence déterminante sur les résultats. L'UIC (2008) observe que les redevances d'accès réclamées aux exploitants de trains varient dans de fortes proportions, mais absorbent de 25 à 45 pour cent des recettes des exploitants de trains à grande vitesse. Elles affectent donc fortement la position concurrentielle du rail par rapport aux autres modes.

La Figure 1 schématise les redevances d'accès dues par les trains à grande vitesse dans quelques pays.

Figure 1. **Redevances d'accès dues par les trains à grande vitesse (en euros/km de 2008)**



Source : FIT (2008), sur la base de la méthode CEMT (2005).

En Grande-Bretagne, les redevances, variables, d'accès aux voies sont calculées sur la base du coût marginal estimatif à court terme de l'usure. Elles se situent actuellement, pour un train pendulaire roulant à 200 km/h sur des voies classiques, au niveau de 14 pence par véhicule/mille, ce qui représente plus ou moins 1 euro par train/km ou 2 euros par 1 000 tonnes brutes/km. Ces chiffres sont issus d'un modèle d'imputation des coûts fondé sur des données d'ingénierie. La seule étude économétrique des coûts des infrastructures ferroviaires qui donne des chiffres distincts pour les services voyageurs à grande vitesse est l'étude française de Quinet et Gaudry (Gaudry et Quinet, 2003) qui chiffre la valeur à 2 euros par train/km pour les services à grande vitesse et autres services grandes lignes et à 3 euros par train/km pour les autres services voyageurs. Il faudrait y ajouter un montant faible de coûts externes et là où les infrastructures sont rares, une redevance de rareté plus importante devrait être levée. Il semble néanmoins que les redevances réclamées en Belgique, en Allemagne et surtout en France (ainsi que pour la traversée du Tunnel sous la Manche et sur la ligne vers Londres) pourraient excéder assez nettement le coût marginal, même s'il est calculé en tenant compte des coûts environnementaux.

Il va de soi que la tarification du rail au coût marginal social n'est optimale que si les modes concurrents sont soumis au même mode de tarification. Il pourrait ainsi se justifier de faire payer au rail moins que son coût marginal là où il est en concurrence avec l'aérien dans la mesure où les redevances aériennes ne prennent pas la capacité limitée des pistes et les coûts environnementaux convenablement en compte.

L'impact des redevances élevées d'accès aux voies pourrait être atténué par une tarification à la Ramsey-Boiteux (Ramsey, 1927 ; Boiteux, 1956), une tarification qui tend à relever les prix dans les segments du marché les moins sensibles au prix. Cette façon de faire est autorisée par la Directive (2001/14) de l'Union Européenne sur les redevances d'accès aux voies à la condition qu'il n'y ait pas de discrimination entre les opérateurs qui se disputent un même segment du marché.

Crozet (2007) calcule la valeur des droits supplémentaires optimaux en partant d'un prix d'équilibre des fonds publics égal à 1.3 (Crozet (2007)). Pour le réseau français à grande vitesse, les droits supplémentaires optimaux oscilleraient entre 3.2 et le double, au maximum, du coût marginal pour des élasticité de 0.7 (sur Paris–Lyon) et 1.5 (sur Paris–Nice). Il s'en suit que même s'il est tenu compte du coût d'opportunité des capitaux publics, les redevances d'accès aux infrastructures des lignes à grande vitesse ne devraient pas excéder 6.4 euros par train/km dans l'hypothèse où le coût marginal des infrastructures de ces lignes ne dépasse pas 2 euros par train/km, l'élasticité par rapport au prix est égale à 0.7 et il n'est pas prélevé de redevances environnementales (ce qui ne serait que normal en l'absence généralisée de redevances environnementales dans le transport aérien). L'impact de redevances élevées d'accès aux nouvelles lignes pourrait être encore plus problématique si la liberté d'accès aux lignes existantes est ouverte à la concurrence moyennant paiement de redevances beaucoup moins élevées.

Adler, Pels et Nash (2008) ont, en usant d'un modèle bâti sur la base de la théorie des jeux pour calculer des équilibres de Nash, analysé la concurrence qui pouvait s'exercer entre le train et l'avion dans plusieurs corridors du réseau transeuropéen où la construction de lignes à grande vitesse est en cours ou envisagée. Ils ont, ce faisant, posé en hypothèse qu'il y avait concurrence entre les compagnies aériennes bon marché et les compagnies classiques, mais pas de concurrence intramodale sur le rail.

Adler, Pels et Nash estiment qu'avec une redevance d'accès aux voies plafonnée à 2 euros par train/km, la grande vitesse ferroviaire est socialement parlant pleinement justifiée, même si un opérateur ferroviaire monopolistique soucieux de maximiser ses profits utilisait une partie des avantages pour relever ses prix plutôt que pour élargir sa part de marché (un système sophistiqué de tarification en temps réel permettrait cependant de faire les deux choses à la fois). Ils avancent aussi que les services cesseraient d'être rentables et deviendraient inexploitable sans aides, si les redevances d'accès passaient à 10 euros par train/km. Des redevances d'accès élevées font tomber la fréquence des services sous son niveau optimal et limitent, partant, les avantages.

Par ailleurs, un tarif binomial comprenant une redevance fixe pourrait aider à couvrir une large part des coûts de construction du réseau, mais une telle redevance pose problème si l'accès doit être ouvert à la concurrence. Quant à la contribution des nouveaux entrants à la redevance fixe, les ouvrages spécialisés apprennent que ces nouveaux entrants doivent payer la perte de rentabilité de l'opérateur en place (Baumol, 1983), mais ce genre de régime est difficile à gérer. Par ailleurs, un système de franchise, avec plafonnement des tarifs pratiqués, peut tout à la fois contribuer à la couverture des coûts fixes et tarifier l'accès aux voies au coût marginal. La contribution pourrait dans ce cas venir de la disposition du franchisé à payer pour la franchise.

9. CONCLUSION

La grande vitesse ferroviaire trouve ses principales chances de succès là où il faut renforcer les capacités ferroviaires et relever les vitesses commerciales. Il semble difficile de justifier la construction d'une nouvelle ligne par le seul relèvement de la vitesse si le volume du trafic n'est pas important, mais le coût marginal du relèvement de la vitesse peut se justifier si une nouvelle ligne doit

en tout état de cause être construite, tandis qu'à l'inverse, les avantages procurés par le relèvement de la vitesse peuvent aider à justifier un renforcement des capacités. Il ressort de ce qui précède que l'évaluation des projets de grande vitesse ferroviaire devra tenir compte aussi bien des capacités libérées au profit des services marchandises ainsi que des services voyageurs locaux et régionaux que de l'amélioration de la qualité des services assurés sur les lignes classiques. Il en ressort également que les perspectives de succès de la grande vitesse ferroviaire dépendent largement de la croissance économique future et de la poursuite de l'augmentation de la demande de transport de voyageurs et de marchandises à longue distance. Si la prolongation de la récession ou des contraintes environnementales devaient y faire obstacle, le nombre de nouvelles lignes à grande vitesse dont la construction pourrait se justifier serait beaucoup plus réduit que dans un scénario où les choses pourraient aller simplement leurs cours. La récession actuelle suffit déjà pour au moins retarder la construction de plusieurs nouvelles lignes, mais l'augmentation des dépenses publiques dans un but de relance de l'économie pourrait inverser la tendance.

Le train à grande vitesse concurrence plus efficacement l'avion que la voiture et les faits semblent démontrer la validité de la règle, souvent invoquée, des 3 heures de trajet en train (ces faits datent toutefois d'avant le renforcement des mesures de sécurité prises dans les aéroports et l'aggravation de leur congestion qui semblent avoir fait grimper le seuil à plus de 3 heures). Le train à grande vitesse peut espérer conquérir une partie importante des marchés aériens origine-destination là où il peut ramener ses temps de trajet près ou en dessous de la barre des 3 heures.

L'impact sur la congestion est le plus important des avantages indirects des investissements dans la grande vitesse ferroviaire. Il y a peu de chance toutefois que la réduction de la congestion routière puisse étayer très solidement le dossier de la grande vitesse ferroviaire, si ce n'est là où la congestion d'une grande partie de la route est permanente. La libération de capacités aéroportuaires par transfert de la clientèle des vols intérieurs vers le rail pourrait jouer un plus grand rôle là où les capacités sont rares et leur renforcement difficile, coûteux et dommageable à l'environnement, comme c'est le cas à Heathrow.

Les avantages environnementaux n'apporteront vraisemblablement pas grand chose à la cause de la grande vitesse ferroviaire, si tous les autres facteurs sont pris en compte, mais ils ne plaideront pas non plus en sa défaveur, si elle arrive à des taux d'occupation élevés et que la mise en place de ses infrastructures n'entraîne pas de dommages environnementaux excessifs. L'entrée dans les villes, qui pourrait obliger à choisir entre l'emprunt de voies classiques à vitesse réduite et le forage coûteux de tunnels, revêt dans ce contexte une importance capitale.

Le problème des avantages macroéconomiques est l'un des plus délicats à résoudre. Ces avantages pourraient être significatifs, mais varient à ce point d'un cas à l'autre que chacun de ces cas doit être étudié en détail.

Le volume du trafic voyageurs dont une nouvelle ligne à grande vitesse a besoin pour atteindre son seuil de rentabilité oscille, selon les hypothèses retenues par ailleurs, entre 3 et 17 millions au cours de la première année d'exploitation, mais il semble bien qu'il devra normalement, même dans des conditions favorables, se situer au niveau d'au moins 9 millions de voyageurs par an. S'il est vrai que toutes les lignes françaises à grande vitesse font beaucoup mieux que cela, il est vrai aussi que le trafic de certaines autres est beaucoup moins dense (la ligne Madrid-Séville a ainsi accueilli moins de 3 millions de voyageurs pendant sa deuxième année d'existence et en reste encore aujourd'hui à un niveau proche des 5 millions). Le déterminant le plus important du volume de trafic seuil est le coût d'investissement, un coût qui varie considérablement selon les circonstances.

Il importe d'être attentif aux effets de réseau. Les avantages d'une ligne à grande vitesse peuvent se maximiser en la traçant là où elle peut, en se prolongeant par des lignes classiques, desservir un grand nombre de destinations, tandis que l'extension d'un réseau existant donne de meilleurs résultats que la construction de lignes isolées, parce qu'elle attire davantage de trafic vers le réseau dans son ensemble. Ceci ne peut évidemment s'envisager que si les lignes à grande vitesse et les lignes classiques sont techniquement compatibles.

Remerciements

L'auteur tient à remercier MM. Peter Mackie, Stephen Perkins, Émile Quinet, Gines de Rus et Tom Worsley pour les observations utiles qu'ils ont formulées au sujet d'une version antérieure du présent document. Il endosse évidemment seul la responsabilité de la version finale de ce texte.

BIBLIOGRAPHIE

- Adler, Pels et Nash (2008) *High speed rail and air competition: game engineering as a tool for cost-benefit analysis*. Document non publié du projet FUNDING.
- Atkins (2003) *High Speed Line Study*, Londres.
- Baumol WJ (1983) “*Some Subtle Issues in Railroad Deregulation*”, *International Journal of Transport Economics*, Vol 10, pp 341–355.
- Boiteux M (1956) “*Sur la gestion des monopoles publics astreints à l’équilibre budgétaire*”, *Econometrica* 24, pp. 22-40, publié en anglais sous le titre de “*On the management of public monopolies subject to budgetary constraints*”, *Journal of Economic Theory* 3, pp. 219-240.
- Bonnafous A (1987): “*The Regional Impact of the TGV*”. *Transportation* Vol 14 pp 127-137.
- Brocker J *et al.* (2004) IASON deliverable 6.
- CE Delft (2003) To shift or not to shift, that’s the question. The environmental performance of the principal modes of freight and passenger transport in the policymaking context. Delft.
- Campos J et Gagnepain P (2007) *Measuring the intermodal effects of high speed rail*. Unpublished, Université de la Grande Canarie.
- CEMT (2005) *Réforme ferroviaire et tarification de l’usage des infrastructures. Rapport et recommandations*. CEMT, Paris.
- Commission des Communautés Européennes (1990) *The European High Speed Rail Network*. Rapport du groupe à haut niveau, Bruxelles.
- Communauté des chemins de fer européens (1989) *Proposals for a European High Speed Network*. Paris.
- Conseil Général des Ponts et Chaussées (2006) *Les Bilans LOTI des LGV Nord Europe et Interconnexion Ile de France* (consultable sur www.rff.fr).
- COST318 (1998) *Interaction between High Speed Rail and Air Passenger Transport: Commission Européenne* : Direction générale des transports.
- Crozet Y (2007) “*Infrastructure charging within the French railways sector: a new challenge*”. Presented at the “11th World Conference on Transportation Research”. Berkeley, juin 2007.

- de Rus G et Inglada V (1997) *Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain*. The Annals of Regional Science 31 175-188.
- de Rus et Nash (2007) *In what circumstances is investment in HSR worthwhile?* Dans G. de Rus, ed. Economic Analysis of high Speed Rail in Europe, Fundacion BBVA, Madrid.
- de Rus G et Nombela G (2007) *Is investment in high speed rail socially profitable?* Journal of Transport Economics and Policy 41(1) 3-23.
- Gaudry M et Quinet E (2003) “*Rail track wear-and-tear costs by traffic class in France*”, Université de Montréal, Publication AJD-66.
- Gibson S, Cooper G et Ball B (2002), “*Capacity charges on the UK rail network*”, Journal of Transport Economics and Policy, 36, 2, 341-354.
- GRACE (2005) *Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation*. European Commission project under the Transport RTD of the 7th Framework Programme, Institute for Transport Studies, Université de Leeds.
- Graham D J (2005) *Wider Economic Benefits of Transport Improvements: Link Between Agglomeration and Productivity*. Imperial College, Londres.
- Hensher D A (1977) *Value of Business Travel Time*. Pergamon Press, Oxford.
- Ishikawa et Imashiro (1998) *The Privatisation of Japanese National Railways*. Athlone, Londres.
- INFRAS/IWW (2004) *External Costs of Transport: Update study*. Final Report, Zurich/Karlsruhe.
- Forum International des Transports, *Charges for the Use of Rail Infrastructure* (2008) Paris.
- Kroes E (2000) *Air-Rail Substitution in the Netherlands*. Hague Consulting Group.
- Laird JJ, Nellthorp J, Mackie PJ (2005) *Network effects and total economic impact in transport appraisal*. Transport Policy 12, pp.537-544.
- Marks P, Fowkes AS, Nash CA (1986) *Valuing Long Distance Business Travel Time Savings for Evaluation: A Methodological Review and Application*. PTRC Summer Annual Meeting.
- Oosterhaven J et Elhorst JP (2003) *Indirect economic benefits of transport infrastructure investments*. In Dullaert *et al*, *Across the border: building on a quarter century of transport research in the Benelux*. Anvers, de Boeck.
- Ramsey F (1927) “*A contribution to the theory of taxation*”, Economic Journal 37/1.
- SACTRA (Standing Advisory Committee on Trunk Road Investment) (1999) *Transport and the Economy*, Londres.
- SDG (2004) *High Speed Rail: International Comparisons, Final report*. Commission for Integrated Transport.

- SDG (2006) *Air and Rail Competition and Complementarity. Final report*. Commission Européenne, DGTREN.
- Union Internationale des Chemins de Fer (2008) *High speed rail. Fast track to sustainable mobility*. UIC, Paris.
- Union Internationale des Chemins de Fer (2008) *Infrastructure Charges for High Performance Passenger Services in Europe*. UIC, Paris.
- Vickerman R (2009) *Indirect and wider economic impacts of high speed rail*. Dans G. de Rus, ed. *Economic Analysis of high Speed Rail in Europe*, Fundacion BBVA, Madrid.
- Wardman M (2001) “*A review of British evidence on Time and Service Quality*”. *Transportation Research E*, Vol 37, No 2 pp 107-128.
- Whitelegg J *et al.* (1993) *High Speed Trains _ Fast Tracks to the Future*. Leading Edge publications in association with Stockholm School of Economics, Hawes.
- Wilken D (2000) *Areas and Limits of Competition between High Speed Rail and Air*. Rapport présenté au Think-Up Project Workshop, Dresde.