



PREMIER MINISTRE

Commissariat général  
à la stratégie  
et à la prospective

Département  
Développement durable

RAPPORTS  
& DOCUMENTS

Juillet 2013

---

Analyse coût-bénéfice  
dans un contexte  
de concurrence imparfaite :  
illustration à l'aide d'un modèle de  
concurrence

Contribution

Marc Ivaldi

Catherine Muller

Tome 2

Rapport

« *L'évaluation socio-économique en période de transition* »

Groupe de travail  
présidé par Émile Quinet



# Sommaire

1	Introduction .....	5
2	Données sur un exemple générique.....	7
3	Modèle économique : spécification et calibration.....	8
4	Simulation .....	13
5	Analyse coût-bénéfice à l'équilibre ou hors équilibre .....	14
6	Conclusion .....	16
7	Références.....	17



## Résumé

Cette étude propose une approche pour évaluer l'impact d'une infrastructure de transport sur le bien-être social en tenant compte explicitement de ses effets sur la concurrence intermodale et intramodale dans un contexte de concurrence imparfaite. La réalisation d'une infrastructure particulière change les caractéristiques du mode de transport associé et donc les conditions de la concurrence. Nous illustrons notre approche à l'aide d'un exemple. Nous simulons comment une nouvelle infrastructure ferroviaire sur une liaison spécifique modifie l'équilibre du marché dans lequel les consommateurs choisissent un mode de transport ainsi qu'un opérateur pour voyager entre deux villes particulières. Dans le même temps les opérateurs décident de manière stratégique des prix associés aux différents services qu'ils fournissent. Cette démarche conduit à modéliser, non seulement la manière dont les usagers répondent aux prix de transport qui leur sont proposés, mais aussi la manière dont les opérateurs de transport fixent leurs prix compte tenu de la nature de la concurrence qui règne sur le marché amont. De là, cette approche appliquée à différents projets d'investissements permet de les classer dans un environnement de concurrence imparfaite. Par ailleurs, nous montrons sur un exemple *ad-hoc* que ***le fait de négliger les interactions stratégiques entre opérateurs liées à la structure oligopolistique du marché du transport entraîne une surévaluation des gains nets en termes de trafic et de bien-être de l'amélioration des services de transport fournis par une infrastructure de transport.***

## 1 Introduction

Cette note a pour but d'illustrer les conséquences d'une absence ou d'une mauvaise prise en compte du fonctionnement imparfait d'un marché sur les résultats de l'analyse coût-bénéfice visant à évaluer économiquement les impacts de l'introduction ou de l'amélioration d'une infrastructure. Autrement dit, nous cherchons à répondre à la question : oublier le jeu des acteurs du marché, et plus précisément des opérateurs des infrastructures ou de ceux utilisant ces infrastructures pour fournir des services de transport par exemple, ou négliger leurs décisions stratégiques conduit-il ou non à des biais positifs ou négatifs sur les gains ou les pertes associées à ces créations ou renouvellements d'infrastructures ?

Nous proposons ici une approche pour évaluer le trafic d'une nouvelle infrastructure et son impact sur le bien-être social en tenant compte explicitement de ses effets sur la concurrence intermodale et intramodale entre les opérateurs, dans le cas où cette concurrence est imparfaite. Ensuite nous construisons un exemple *ad hoc* pour illustrer en quoi et dans quelle mesure le fait de négliger les interactions entre opérateurs peut affecter l'évaluation du bien-être social. Il s'agira, suite à un changement affectant un service de transport pouvant s'interpréter comme une modification d'une infrastructure, de comparer la solution de la concurrence à l'équilibre (i.e., en prenant en compte les interactions stratégiques entre opérateurs) par rapport à celle *hors* équilibre (i.e., sans tenir compte des interactions stratégiques entre opérateurs).

Une nouvelle infrastructure a pour effet de modifier le niveau de qualité de service proposé sur le marché, et donc de changer les conditions de concurrence sur ce marché. Autrement dit, il s'agit de décrire le nouvel équilibre économique, ce que ne

font pas habituellement les modèles de prévision de trafic qui ne tiennent pas compte des réactions des acteurs aux actions de leurs concurrents. Les modèles de trafic usuels supposent les prix de transport donnés de façon exogène et en général égaux aux coûts. Cette hypothèse n'est plus vraie dans les cas de plus en plus nombreux où les opérateurs fonctionnent sur un marché amont oligopolistique. Il faut alors modéliser non seulement le comportement des usagers mais aussi celui des opérateurs, les deux étant liés. Non seulement les modèles de trafic en sont affectés mais aussi les calculs de surplus. Nous pouvons donc associer à cet équilibre en termes de trafic une mesure du bien-être social et ainsi évaluer différents projets, les comparer, en tenant compte des interactions stratégiques entre les firmes sur le marché concerné.

La méthodologie présentée ici est très générale, mais sa mise en œuvre peut exiger beaucoup de données ; aussi nous proposons dans l'application particulière présentée une procédure parcimonieuse en données, ce qui la rend opérationnelle dans de nombreux cas. Elle évite la lourde tâche que représenterait une collecte d'informations précises sur le marché et ses différents acteurs tout en permettant de traiter les enjeux essentiels d'une analyse coût-bénéfice d'une nouvelle infrastructure.

Considérons le marché du transport des passagers à longue distance en Europe. Les processus de libéralisation achevés ou amorcés ces dernières décennies dans les industries de transport aérien et ferroviaire respectivement ont eu pour effet une modification du réseau aérien en étoile entraînant l'apparition des compagnies à bas coûts sur les liaisons secondaires, ainsi que le développement de la technologie des trains à grande vitesse. Ainsi non seulement les compagnies aériennes et les opérateurs ferroviaires font face séparément à une concurrence intramodale, mais ces changements structurels et technologiques introduisent une concurrence intermodale forte entre compagnies aériennes et compagnies de chemin de fer. Il s'agit alors pour nous de considérer le transport entre une origine et une destination comme un marché avec des produits différenciés en concurrence les uns avec les autres.

Dans ce marché de produits différenciés, nous modélisons l'offre et la demande afin de retrouver les résultats de l'équilibre. La demande de marché provient d'une classe générale de modèles de choix discrets du comportement du consommateur. Les voyageurs peuvent tout d'abord choisir le mode avec lequel ils désirent voyager, puis au sein de ce mode, décider d'un service en particulier. Pour cette structure de choix discret, une spécification appropriée pour une analyse empirique est le modèle logit emboîté. Du côté de l'offre, les entreprises déterminent les prix et qualité de leurs services. Les caractéristiques du marché sont dérivées dans un contexte d'équilibre de Nash. Les entreprises se comportent de manière stratégique : chacune d'entre elles détermine ses prix sachant que ses concurrents font de même.

Une fois l'équilibre de marché établi, nous sommes à même d'évaluer l'impact de la mise en place d'une nouvelle infrastructure ferroviaire sur le parcours. Celle-ci est alors considérée comme un nouveau concurrent sur le marché proposant un service d'un niveau de qualité différent de ceux des alternatives déjà en place. Les entreprises intègrent cette nouvelle configuration dans les services proposés aux voyageurs et réagissent en modifiant leur prix. Nous pouvons donc mesurer les effets de ce changement structurel en termes de variations des prix, calculer les parts de marché qui leur sont associées et finalement déterminer le surplus du consommateur. Ces mesures des coûts et bénéfices pour les différents acteurs économiques sur le

marché permettent alors d'évaluer et de classer différents projets d'aménagement des transports dans une zone géographique.

Pour faciliter l'exposition de notre approche, nous utilisons le marché du transport de passagers entre Cologne et Berlin comme illustration. Sur ce marché particulier s'exerce une concurrence intermodale et intramodale qui correspond bien au contexte dans lequel nous nous situons.

Cet article est organisé de la manière suivante. La section 2 décrit en détails les données nécessaires pour appliquer notre méthodologie sur l'exemple du lien entre Cologne et Berlin. La section 3 présente le modèle offre et demande sur ce marché et examine les particularités de l'équilibre. La section 4 fournit les résultats de la simulation de la mise en place de la nouvelle infrastructure destinés à permettre la prise de décision quant à la réalisation d'un tel projet. La section 5 propose un exemple ad-hoc permettant une comparaison des solutions à l'équilibre et hors équilibre, suite à un changement dans les caractéristiques d'un service de transport. Pour finir, une conclusion est présentée dans la section 5.

## 2 Données sur un exemple générique

Nous appliquons notre modélisation à un exemple spécifique : la concurrence modale dans le trafic de passagers sur le lien Cologne-Berlin en Allemagne. L'évaluation de la construction d'une infrastructure ferroviaire supplémentaire est particulièrement pertinente sur cette liaison pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il s'agit d'un trajet de 600 kilomètres connectant deux des plus importantes villes d'Allemagne, de l'ouest à l'est du pays, et représentant une part significative du trafic total de passagers longue distance en Allemagne. Deuxièmement le transport ferroviaire a tout à fait sa place sur ce couple origine-destination pour lequel la diversité des voyageurs (affaires, loisirs...) explique probablement la différenciation des services proposés: une compagnie aérienne nationale Lufthansa (LH), trois compagnies à bas coûts, l'opérateur ferroviaire en place Deutsche Bahn AG (DB), la menace d'entrée d'autres compagnies de chemin de fer, et la route. Enfin le découpage du territoire en différentes autorités régionales (Länder) contraint l'opérateur DB à desservir un certain nombre de gares présentes sur le trajet. La technologie des trains à grande vitesse ne peut alors pas être utilisée de façon optimale sur cette liaison dont la distance permettrait une réelle concurrence en termes de temps entre les transports ferroviaire et aérien. Ainsi, une nouvelle infrastructure destinée à un service express entre Cologne et Berlin permettrait de proposer une option attractive et adaptée à la concurrence croissante des autres modes, tout en conservant la desserte nécessaire de certaines gares sur le parcours grâce à l'installation initiale.

La plupart des données de trafic, de parts de marché, des caractéristiques et prix des alternatives a été fournie par Deutsche Bahn AG pour l'année 2003. Pour chaque mode de transport et les deux catégories principales de passagers (affaires et loisirs), le prix mesuré en Euros correspond au prix le plus fréquemment payé par un consommateur représentatif pour un trajet entre Cologne et Berlin. En ce qui concerne les caractéristiques des services, nous utilisons la vitesse mesurée en kilomètres par minute (km/min), la fréquence quotidienne, et la capacité (sièges disponibles par voyage). Certaines valeurs de coûts marginaux sont aussi fournies par DB. Des statistiques descriptives sont présentées dans le Tableau 1.

Nous considérons que cet ensemble de données correspond au minimum d'information nécessaire pour calibrer ce modèle. Il ne permet pas d'aller plus loin dans l'analyse et notamment il ne permet pas de tester la robustesse des hypothèses, tâche qui nécessite une quantité plus grande et plus variée d'information.

**Tableau 1 : Données sur la liaison Cologne-Berlin**

		Parts de marché %	Parts des alternatives %		Prix euros		Vitesse Km/H	Fréquence Voyages/ Jour	Capacité sièges/ Voyages	Coûts marginaux*	
			Affaires	Loisirs	Affaires	Loisirs				Affaires	Loisirs
<i>Rail</i>	<i>DB</i>	31,1	15,7	51,4	90,0	60.0	138.5	16	736	na	13
<i>Air</i>	<i>DBA</i>	14,8	19,2	9,1	169,0	51.2	404.6	8	136	na	26
	<i>HLX</i>	13,8	17,8	8,4	169,0	46.7	404.6	5	169	na	26
	<i>GW</i>	8,2	10,6	5,0	169,0	46.1	404.6	4	111	na	26
	<i>LH</i>	14,3	18,5	8,7	240,0	53.4	404.6	9	123	na	na
<i>Route</i>	<i>Voiture</i>	17,9	18,2	17,4	110,0	80.0	114.5	Infini	5	na	na

Source : Auteurs

\* Estimations fournies par DB

### 3 Modèle économique : spécification et calibration

Dans cette section, nous présentons le cadre qui nous permet de décrire la concurrence entre les différentes alternatives de transport, l'exemple de la liaison entre Cologne et Berlin. Dans un tel contexte de produits différenciés et de structure oligopolistique, les entreprises se livrent à une concurrence à la fois en termes de prix et en termes de caractéristiques des produits. Ici nous nous concentrons sur la concurrence en prix, en supposant qu'à court terme, les caractéristiques des produits sont fixes. Nous décrivons d'abord le côté de la demande puis nous dérivons les stratégies de tarification des entreprises impliquées dans une concurrence à la Bertrand.

#### **La demande**

Nous considérons les choix effectués par les consommateurs potentiels qui souhaitent voyager de Cologne à Berlin, en termes de mode et de service proposé. Trois modes de transport (rail, air, route) sont présents sur le lien, avec une diversification sur le segment du trafic aérien: trois compagnies à bas coûts ainsi que la firme en place Lufthansa. Les alternatives sont caractérisées par un paramètre de qualité et un prix.

Nous supposons aussi l'existence d'une alternative dite alternative extérieure: au lieu de choisir un des services offerts pour voyager entre Cologne et Berlin, les consommateurs peuvent décider de ne pas effectuer le voyage. Ainsi la dimension totale du marché est définie comme le nombre de consommateurs qui seraient potentiellement intéressés par ce voyage.

Les voyageurs éventuels pour un aller simple de Cologne à Berlin sont hétérogènes. Nous considérons deux catégories principales dans la population des passagers: les



voyageurs d'affaires et de loisirs. En conséquence, nous analysons deux marchés séparés qui sont traités de manière symétrique.

Supposons que chaque consommateur fasse son choix de manière séquentielle: il décide du mode de transport puis du service pour voyager<sup>1</sup>. Un choix, c'est-à-dire une alternative, un produit, ou encore un service de transport, est alors une combinaison entre un mode de transport (par exemple, air) et un service fourni par un opérateur de transport (par exemple, Lufthansa). Notons que pour la route, l'opérateur de transport est le conducteur de la voiture. Il y a  $J$  alternatives classées en  $G$  groupes. Ici nous avons 4 groupes  $g = 0, 1, \dots, G$  où le groupe 0 correspond à celui de l'alternative extérieure, les autres groupes correspondent à ceux des trois modes, c'est-à-dire rail, air, route.

L'utilité d'un consommateur  $i$  dépend de la qualité  $\psi_j$  et des prix  $p_j$  de chaque alternative, i.e., de chaque service de transport. La fonction d'utilité associée aux alternatives  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) est la suivante :

$$U_{ij} = V_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

où  $V_i$  représente le niveau d'utilité moyen commun à tous les passagers (partie déterministe) et  $\varepsilon_{ij}$  (partie aléatoire) correspond à la déviation du consommateur  $i$  du niveau d'utilité commun en ce qui concerne le produit  $j$ , c'est-à-dire que l'aléa  $\varepsilon_{ij}$  correspond à l'appréciation inconnue (pour l'analyste) du consommateur  $i$  pour le produit  $j$ . Le niveau d'utilité moyen peut se décomposer de la manière suivante:

$$V_j = \psi_j - hp_j, \quad (2)$$

où  $h$  représente la sensibilité de l'utilité par rapport au prix, ou encore l'*utilité marginale du revenu*.

Les préférences aléatoires sont décrites selon un modèle de type « logit emboîté ». Dans ce contexte, les produits au sein d'un même groupe sont des substituts plus proches que des produits de groupes différents. Afin de permettre cette dépendance et cette corrélation entre les utilités des alternatives appartenant à un même groupe, la partie aléatoire peut être spécifiée comme la somme pondérée de variables inobservables qui représentent le goût du consommateur  $i$  pour une alternative appartenant au groupe  $g$ .

$$\varepsilon_{ij} = \sigma v_{ig} + (1 - \sigma) v_{ij}, \quad \forall i = 1, \dots, N \quad (3)$$

Le paramètre  $\sigma$  est appelé coefficient de corrélation intragroupe et prend des valeurs comprises entre 0 et 1. Il donne une mesure du degré de corrélation entre les alternatives appartenant à un même groupe: plus  $\sigma$  est élevé, plus la corrélation entre

(1) Intuitivement le choix du mode entraîne des décisions de plus long terme car il implique l'achat d'un équipement (le véhicule particulier par exemple) ou l'achat d'un abonnement (au train, à l'avion).

(2) Cette fonction d'utilité indirecte n'est pas seulement commode pour les calculs. Elle permet de dériver une demande cohérente avec notre propos. Il est aisé de voir que la demande marshallienne associée à cette fonction d'utilité est exactement égale à un. Or nous traitons ici du problème de choisir d'effectuer ou de ne pas effectuer un déplacement.

alternatives d'un même groupe est élevée. Quand il est égal à 1, les préférences des consommateurs entre alternatives sont parfaitement corrélées et les alternatives sont alors des substituts parfaits; quand il est égal à 0, les préférences ne sont pas corrélées et les consommateurs mettent toutes les alternatives sur le même plan. Les parties aléatoires  $v_{ig}$  et  $v_{ij}$  sont supposées être distribuées selon la distribution de Gumbel (ou des valeurs extrêmes). De ce fait il en est de même de  $\varepsilon_{ij}$ .

Le consommateur choisit l'alternative  $j$  appartenant au groupe  $g$  qui maximise son utilité et qui satisfait:

$$U_{ij} \geq U_{ij'}, \quad \forall j' \neq j \quad (4)$$

Nous pouvons alors calculer la probabilité de choisir l'alternative  $j$  à partir des probabilités de choisir le groupe  $g$  et de choisir l'alternative  $j$  conditionnelle au choix du groupe  $g$ . En appliquant la méthodologie proposée par Berry (1994), qui consiste en l'expression du niveau d'utilité moyen comme fonction des parts de marché observées qui sont des mesures remplaçant les probabilités de choix, nous dérivons la spécification des demandes associées à chaque alternative:

$$\ln(s_j) - \ln(s_0) = \psi_j - hp_j + \sigma \ln(s_{j/g}) \quad (5)$$

où les parts de marché  $S_j$  and  $S_{j/g}$  sont définies comme et  $S_j = \frac{Q_j}{N}$  et  $S_{j/g} = \frac{Q_j}{N_g} = 0,1,\dots,J$ , respectivement, où de plus  $q_j$  est la quantité de produit  $j$  sur le marché (affaires ou loisirs),  $N$  est la taille de ce marché et  $N_g$  est la taille du segment de marché  $g$ . Nous pouvons dériver de cette spécification les expressions des élasticités simples et croisées de la demande de transport par rapport aux prix. L'élasticité prix s'écrit:

$$\eta_j = \frac{dq_j}{dp_j} \times \frac{p_j}{q_j} = hp_j \left( s_j - \frac{1}{1-\sigma} + \frac{\sigma}{1-\sigma} s_{j/g} \right) \quad \forall j \in g \quad (6)$$

Les élasticités croisées pour des produits du même groupe ou pour des produits de groupes différents s'écrivent:

$$\eta_{j,k} = \frac{dq_j}{dp_k} \times \frac{p_k}{q_j} = hp_k s_k \left( \frac{\sigma}{1-\sigma} \times \frac{s_{k/g}}{s_k} + 1 \right) \quad \text{if } j \neq k \quad j, k \in g$$

$$\eta_{j,k} = \frac{dq_j}{dp_k} \times \frac{p_k}{q_j} = hp_k s_k \quad \text{if } j \neq k \quad k \notin g, j \in g \quad (7)$$

### L'offre

Dans notre spécification, chaque entreprise fournit un produit, c'est-à-dire un service de transport sur le lien « origine-destination ». Premièrement, nous considérons le service voiture comme proposé par une entreprise en concurrence avec les autres

alternatives<sup>1</sup>. Deuxièmement, pour tous les autres services de transport offerts sur la liaison en question, les entreprises choisissent les prix de transport qui maximisent leur profit, sachant que leurs concurrents font de même. Ils entrent dans une concurrence à la Bertrand<sup>2</sup>. Comme dans Ivaldi et Verboven (2005), le résultat de cet équilibre de Nash est défini par un ensemble de  $J$  conditions nécessaires de premier ordre:

$$p_j = c_j + \frac{1 - \sigma}{h(1 - \sigma s_{j/g} - (1 - \sigma) s_j)} \quad (8)$$

Le prix du produit  $j$  est égal au coût marginal du produit  $j$  plus une marge.

La solution qui détermine l'équilibre est obtenue en résolvant le système d'équations (5) et (8). Il est ensuite possible d'établir une mesure du surplus du consommateur, noté  $CS$ . Celle-ci correspond à la valeur monétaire espérée du maximum des utilités et ne prend pas en compte les effets externes. Elle s'écrit:

$$CS = \frac{1}{h} \ln \left[ 1 + \sum_{g=1}^G \left( \sum_{i \in g} \exp \left( \frac{V_i}{1 - \sigma} \right) \right)^{1 - \sigma} \right] \quad (9)$$

### Calibration

Dans la mesure où l'ensemble des informations nécessaires à l'estimation statistique de notre modèle n'est pas disponible, nous proposons de le calibrer à l'aide de données sur les prix, parts de marché, caractéristiques des différents services et quelques coûts marginaux. Nous devons aussi définir la taille du marché qui est donné par la quantité potentielle de déplacements, autrement dit qui prend en compte les décisions de ne pas se déplacer. La calibration de cette taille est délicate et est discutée en détails dans Ivaldi et Vibes (2006).

Notre méthodologie consiste en la résolution d'un système d'équations issues de notre modèle nous permettant de retrouver les paramètres décrivant l'équilibre tels que  $h$ ,  $\sigma$ ,  $\psi_j$ , ou encore les coûts marginaux manquants.

Très schématiquement, la procédure consiste en trois étapes. Tout d'abord, il s'agit de retrouver les valeurs de  $h$  et  $\sigma$  à l'aide des expressions des élasticités dérivées du modèle logit emboîté (Equation 6) et des parts de marché que nous observons. Les valeurs de ces paramètres, ainsi que celles des parts de marché, sont alors introduites dans les équations de demande (Equation 5), que nous inversons afin de retrouver les valeurs des  $\psi_j$  pour chaque alternative. Enfin, connaissant les valeurs de  $h$ ,  $\sigma$ , des prix

---

(1) Nous avons alternativement fait l'hypothèse que cette entreprise établit le prix de manière à couvrir le coût moyen. Quand nous estimons ce modèle, nous n'obtenons pas de différence significative avec la situation d'une entreprise qui maximise son profit.

(2) L'hypothèse de concurrence à la Bertrand paraît adaptée à l'exemple Cologne-Berlin que nous considérons ici car l'offre de transport  $y$  est variée et importante. Toutefois il serait intéressant de tester l'hypothèse de concurrence à la Cournot, ce qui serait possible si nous disposions de plus de données.

et des parts de marché, nous utilisons les équations de prix (Équation 8) pour retrouver les coûts marginaux. Techniquement, ne possédant pas de mesure des élasticités pour ce marché très spécifique, et connaissant certaines valeurs des coûts marginaux, nous générons aléatoirement un vecteur d'élasticités et le modèle, c'est-à-dire les équations de demande, d'élasticités et de prix simultanément, est calibré sur les valeurs de coûts marginaux que nous connaissons. Autrement dit, le vecteur d'élasticité retenu est celui qui nous permet de retrouver ces coûts marginaux *in fine*. Les élasticités sont tirées dans des lois normales en utilisant comme moyenne et variance des valeurs cohérentes avec les élasticités du marché loisir. Celles-ci peuvent être complètement déterminées puisque, pour ce marché, nous disposons d'informations supplémentaires sous la forme de coûts marginaux<sup>1</sup>. Nous obtenons ainsi les valeurs de  $h$  et  $\sigma$  associés au vecteur d'élasticités retenu, puis  $\psi_j$ , et enfin les coûts marginaux manquants.

L'indice de qualité associé au produit  $j$ ,  $\psi_j$ , peut ensuite être exprimé comme la somme pondérée de différentes composantes de cette qualité (essentiellement vitesse, fréquence et capacité). Comme nous disposons d'un nombre suffisant de produits et donc de valeurs de l'indice de qualité et puisque nous observons les valeurs des caractéristiques des différents services de transport, nous pouvons, par inversion d'un système linéaire, calibrer les poids de ces caractéristiques dans les indices de qualité des alternatives<sup>2</sup>. Nous pouvons donc mesurer l'impact de chaque caractéristique (fréquence, capacité, vitesse) sur l'indice de qualité de chaque service de transport. Comme une nouvelle infrastructure est associée à un vecteur particulier des caractéristiques, nous avons donc la possibilité d'évaluer son indice de qualité associé.

Une fois tous ces paramètres calibrés, il est donc possible de simuler une nouvelle configuration du marché après un changement comme la mise en place d'une nouvelle infrastructure. Celle-ci se traduit, comme on vient de le dire, par un nouvel indice de qualité. Le modèle de concurrence est alors utilisé pour calculer les nouveaux prix et les nouvelles parts de marché de tous les services de transport, y compris celui associé à la nouvelle infrastructure de transport. A ce nouvel équilibre correspond une mesure du bien-être social, par exemple le surplus du consommateur<sup>3</sup>. Ainsi il est possible d'associer à chaque équilibre résultant de la mise en œuvre d'une nouvelle infrastructure une mesure du bien-être social et il est donc possible de classer ces projets d'infrastructure selon cette mesure de bien-être social<sup>4</sup>.

---

(1) En réalité la procédure pour estimer ces élasticités fait appel à un argument bayésien développé dans notre article principal. Voir Ivaldi et Vibes (2006). On le voit ici, la calibration résulte d'un jeu subtil entre informations sur les coûts marginaux et sur les élasticités avec le modèle structurel comme arbitre.

(2) Nous tenons compte également des caractéristiques de transport non observées en introduisant dans ces équations des constantes relatives aux modes de transports.

(3) On pourrait aussi choisir le bien-être total, somme du surplus du consommateur et des profits des entreprises de transport.

(4) Une description détaillée du modèle ainsi que de la méthode de calibration est donnée dans Ivaldi et Vibes (2006).

## 4 Simulation

Une fois les paramètres du modèle calibrés, nous sommes capables d'évaluer les effets de changements structurels sur les prix et parts de marché des concurrents, ainsi que sur le surplus du consommateur. En particulier nous simulons ici l'impact d'une nouvelle installation ferroviaire entre Cologne et Berlin destinée au passage d'un train à grande vitesse de type ICE dont la spécificité serait de n'effectuer aucun arrêt sur le parcours et donc d'opérer à une vitesse moyenne de 220 kilomètres par heure. Le temps de trajet est alors significativement réduit et ce train permet d'effectuer un trajet centre-ville à centre-ville en un temps comparable à celui d'un vol et des connexions nécessaires depuis l'aéroport. Ce nouveau train express présente les mêmes fréquences, capacités et coûts marginaux que le service en place. Les résultats de cette simulation sont présentés dans le Tableau 2, et confirment notre intuition. Nous constatons que cette alternative, attractive pour les passagers d'affaires car plus rapide et moins chère (même si ce critère est secondaire pour eux), l'est encore plus pour les passagers de loisirs, plus sensibles au niveau de qualité du mode train, pour lequel ils sont prêts à payer un peu plus cher maintenant que pour les autres modes.

Les paramètres estimés à l'équilibre ainsi que les résultats de la simulation nous permettent de décrire les comportements des entreprises et des consommateurs.

**Tableau 2 : Introduction d'une nouvelle infrastructure**

<i>Part de l'alternative extérieure</i>		<i>AFFAIRES</i>		<i>LOISIRS</i>		
		<i>15 %</i>		<i>30 %</i>		
<i>Variations : valeurs %</i>		<i>Valeur</i>	<i>Variation %</i>	<i>Valeur</i>	<i>Variation %</i>	
<i>Prix</i>	<i>Rail</i>	<i>DB</i>	70,4	- 21,8 %	42,9	- 28,5 %
		<i>Train Express</i>	96,2		62,3	
	<i>Air</i>	<i>DBA</i>	166,7	- 1,4 %	50,5	- 1,5 %
		<i>HLX</i>	166,9	- 1,2 %	46,0	- 1,5 %
		<i>GW</i>	167,8	- 0,7 %	45,7	- 0,9 %
		<i>LH</i>	237,8	- 0,9 %	52,6	- 1,3 %
<i>Route</i>	<i>Voiture</i>	106,6	- 3,12 %	77,7	- 2,9 %	
<i>Parts de marché %</i>	<i>Rail</i>	<i>DB</i>	8,8	- 33,9 %	21,7	- 39,6 %
		<i>Train Express</i>	28,2		48,4	
	<i>Air</i>	<i>DBA</i>	11,9	- 26,8 %	3,0	- 53,2 %
		<i>HLX</i>	11,0	- 27,1 %	2,7	- 53,4 %
		<i>GW</i>	6,4	- 28,5 %	1,6	- 53,9 %
		<i>LH</i>	11,5	- 26,9 %	2,8	- 53,3 %
	<i>Route</i>	<i>Voiture</i>	11,5	- 25,6 %	6,0	- 50,8 %
<i>Alternative extérieure</i>		10,6	- 29,4 %	13,7	- 54,4 %	
<i>Surplus du consommateur</i>		145,6	18,4 %	61,1	65 %	

Source : Auteurs

Dans un premier temps nous présentons les grandeurs d'équilibre pertinentes qui ont été calibrées. Conformément à nos attentes, l'utilité marginale du revenu des passagers de loisirs ( $\approx 0,032$ ) est supérieure à celle des passagers d'affaires ( $\approx 0,016$ ): ces derniers sont moins sensibles à des variations de prix des billets. Ensuite, le coefficient de corrélation intragroupe prend une valeur de 0,26 sur le marché de loisirs et de 0,21 sur le marché des passagers d'affaires. Ce paramètre, différent de 0 et quand même plus proche de 0 que de 1, indique qu'une corrélation intramodale est bien présente, mais que le degré de substituabilité entre alternatives d'un même groupe n'est pas si élevé, laissant place à une concurrence certaine entre

des options de transport n'appartenant pas au même mode, c'est-à-dire une concurrence intermodale. Enfin, les valeurs d'élasticités calculées à l'équilibre sont plus élevées que celles que l'on peut trouver dans la littérature (Oum, Waters et Young, 1990) car le degré de concurrence est particulièrement élevé sur la liaison que nous étudions.

Nous pouvons alors expliquer avec plus de précision les résultats de notre simulation. Nous observons tout d'abord que tous marchés confondus les concurrents réagissent en baissant leurs prix, mais de façon peu marquée pour les compagnies aériennes qui ne peuvent réduire leurs marges davantage et se sentent moins menacés que l'opérateur ferroviaire en place. Ensuite, cette nouvelle option de voyage attire beaucoup de passagers auparavant usagers des autres alternatives de transport, ainsi qu'une partie des consommateurs qui préféreraient ne pas effectuer le trajet, comme l'indique la diminution de la part de marché de l'alternative extérieure. En effet nous constatons une réduction des parts de marché des services en place, et particulièrement prononcée sur le marché des passagers loisirs. Les passagers d'affaires ayant une préférence marquée pour la qualité du transport aérien (Ivaldi et Vibes, 2006) et ne possédant qu'une faible sensibilité à une variation des prix présentent un engouement moins marqué, bien que significatif, que les passagers de loisirs pour ce train. Les voyageurs de loisirs observent une nette amélioration du niveau de qualité de leur mode favori, ce qui suffit, malgré le prix, à attirer les quelques passagers qui voyageaient en avion pour des raisons de tarifs.

Par ailleurs, la part de marché de l'alternative extérieure ayant diminué sur les deux marchés, nous constatons que cette nouvelle infrastructure aurait pour effet non seulement de répartir le trafic entre les modes de manière différente, mais aussi d'induire du trafic sur cette liaison.

Enfin, nous observons une augmentation du surplus du consommateur sur les deux marchés suite à la mise en place de cette nouvelle infrastructure. Celle-ci représente une alternative de transport d'une part plus appréciée des voyageurs d'affaires et de loisirs, et d'autre part plus attractive pour une partie de la population auparavant non décidée à effectuer le trajet.

Nous pouvons aussi calculer le profit généré par les opérateurs et notamment l'opérateur de la nouvelle infrastructure. De ce fait on pourrait évaluer la part des coûts fixes qui serait couverte, à condition de tenir compte du fait que le modèle est statique et défini pour une année donnée.

## 5 Analyse coût-bénéfice à l'équilibre ou hors équilibre

Afin d'illustrer l'importance des interactions stratégiques dans l'analyse coût-bénéfice, nous construisons maintenant un exemple ad-hoc consistant à simuler l'impact de l'augmentation de la fréquence d'un service de transport, en l'occurrence le service de transport ferroviaire assuré dans notre exemple par la DB. Il n'est bien sûr par réaliste de ne tenir compte que de cette dimension du service de transport ferroviaire, car souvent l'augmentation de la fréquence s'accompagne du changement d'autres paramètres comme la capacité ou la vitesse, mais aussi et surtout des coûts associés à la fourniture du service ainsi amélioré. Toutefois pour mieux identifier les effets à la marge des interactions stratégiques, il est plus éclairant de se concentrer sur ce scénario ad-hoc.

Typiquement nous allons drastiquement doubler les fréquences proposées initialement par la DB sur Cologne-Berlin tout en maintenant toutes les autres variables, c'est-à-dire les caractéristiques des autres services de transport (air et voiture) et les coûts marginaux de tous les services de transport (c'est-à-dire, y compris le rail). Nous allons nous placer dans le cas où, dans la situation initiale, la part de l'alternative extérieure représente 15% du marché.

Nous utilisons alors notre modèle pour calculer les nouvelles parts de marché consécutives à cette amélioration des fréquences du train, en supposant que les prix ne sont pas modifiés. C'est ce que nous appelons *le calcul hors équilibre*. En raison de l'accroissement de fréquences, la part modale du train augmente au détriment des parts des autres modes et de l'alternative externe, qu'on appelle ici la non-mobilité. Nous pouvons alors calculer le surplus des consommateurs, les revenus et les profits des opérateurs, etc. Nous utilisons aussi le modèle pour simuler le nouvel équilibre comme nous l'avons décrit dans la section précédente pour introduire une nouvelle infrastructure. C'est ce que nous appelons *le calcul à l'équilibre*.

Les principaux résultats sont réunis dans le Tableau 3. Dans les 2 cas, l'amélioration du service ferroviaire réduit la part de l'alternative externe (i.e., la part de ceux qui ne se déplacent pas), augmente le trafic tous modes et particulièrement le trafic ferroviaire comme on pouvait s'y attendre. Mais on observe que, dans la solution hors équilibre, les taux de croissance des trafics sont 2 fois plus élevés que dans la solution à l'équilibre. Pourquoi ?

L'amélioration du service ferroviaire permet à l'opérateur ferroviaire d'utiliser son pouvoir de marché sur sa « niche » ce qui lui permet d'augmenter son prix significativement de 4,4 %. En réaction pour maintenir leurs marges, les opérateurs des autres modes réagissent en baissant leurs prix.

Au total il n'est pas surprenant que l'augmentation de 14,7 % du surplus dans la solution à l'équilibre soit plus faible que dans la situation hors équilibre puisqu'elle tient compte à la fois de l'amélioration de la qualité du service ferroviaire mais aussi de l'augmentation de son prix. Du côté des opérateurs, les profits sont alors plus élevés dans la solution d'équilibre. Finalement le bien-être global est surévalué dans la solution hors équilibre et, dans cet exemple, cette surévaluation est de 5,6 % par rapport au bien-être à l'équilibre.

Notons ici que nous n'avons pas pris en compte la question des transferts financiers liés au financement de l'amélioration du service de transport. Si pour cette amélioration, l'État devait lever des taxes et les transférer sous forme de subventions à l'entreprise, il est clair dans cet exemple qu'il aurait à supporter des coûts moins élevés dans la solution à l'équilibre.

Tableau 3 : Comparaison des calculs à et hors équilibre

	Équilibre	Hors équilibre
Non-mobilité	- 0,8 %	- 1,5 %
Trafic tous modes	+ 1,0 %	+ 1,9 %
Trafic ferroviaire	+ 5,6	+ 11,3 %
Prix service ferroviaire	+ 4,4 %	0,0 %
Prix autres services	- 0,1 %	0,0 %
Surplus	+ 14,7 %	+ 21,5 %
Revenu	+ 3,4 %	+ 1,6 %
Profit	+ 6,5 %	+ 5,0 %
Bien-être	+ 16,4 %	+ 22,9 %

Source : Auteurs

## 6 Conclusion

L'évaluation économique d'un projet tel que la construction d'une voie de chemin de fer supplémentaire sur un trajet particulier passe nécessairement par une analyse de la concurrence sur ce marché. Cette infrastructure constitue un nouveau concurrent parmi les opérateurs de transport et il est indispensable de pouvoir mesurer les réactions de chacun suite à ce changement structurel. Ces transformations liées à la qualité du service font l'objet d'une simulation qui nous permet de déterminer les variations au niveau des prix et des parts de marchés des différentes entreprises sur le marché. Nous sommes ensuite capables de calculer l'impact sur le bien-être social d'un tel aménagement, ou plus particulièrement la variation de surplus du consommateur qui lui est associée, sans tenir compte des implications externes. Cette méthodologie peut également être utilisée afin de dériver les caractéristiques d'un service qui permettraient d'atteindre un objectif de surplus souhaité et prédéterminé.

Dans l'exemple de la liaison entre Cologne et Berlin, notre méthodologie de calibration puis de simulation nous permet de constater que cette nouvelle infrastructure constituerait un concurrent sérieux sur le marché puisqu'elle permettrait un trajet rapide et se positionnerait en compétition directe avec les compagnies aériennes. Cet aménagement a également pour effet d'induire du trafic et d'augmenter le surplus du consommateur, en particulier sur le marché des passagers de loisirs.

Par ailleurs, nous montrons sur un exemple ad-hoc que ***le fait de négliger les interactions stratégiques entre opérateurs liées à la structure oligopolistique du marché du transport entraîne une surévaluation des gains nets en termes de trafic et de bien-être de l'amélioration des services de transport fournis par une infrastructure de transport.***



## 7 Références

Antes, J., G. Friebel, M. Niffka et D. Rompf (2004), "Entry of Low-Cost Airlines in Germany. Some Lessons for the Economics of Railroads and Inter-Modal Competition", mimeo, Deutsche Bahn et Université de Toulouse.

Berry, S. T. (1994), "Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation", *The RAND Journal of Economics*, vol. 25, Issue 2, pp. 242-262.

European Commission (2003), *European Union Energy and Transport in Figures*, Directorate General for Energy and Transport, en coopération avec Eurostat, Bruxelles.

Glass, A. (2003), "An Assessment of the Desirability of On-Track Competition: The Ipswich-London route", Institute of Transport Studies, Université de Leeds.

Holvad, T., B. Huang et J. Preston, "Review of Introduction of Competition in railways in Europe", Transport Studies Unit, Université d'Oxford.

IDEI (2003), "The Economics of Passenger Rail Transport: A Survey". [http://www.idei.fr/doc/wp/2003/rapport\\_db\\_1.pdf](http://www.idei.fr/doc/wp/2003/rapport_db_1.pdf).

IDEI (2003), "Entry in the Passenger Rail Industry: A Theoretical Investigation". [http://www.idei.fr/doc/wp/2003/rapport2\\_db\\_2.pdf](http://www.idei.fr/doc/wp/2003/rapport2_db_2.pdf).

Ivaldi, M. et F. Verboven (2004), "Quantifying the Effects from Horizontal Mergers in European Competition Policy", *International Journal of Industrial Organization*, à venir.

Ivaldi, M. et C. Vibes (2006), "Price Competition in the Intercity Passenger Transport Market: a Simulation Model," *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 42, Part. 2, May 2008.

Johnson, D. et G. Whelan (2003), "Modelling the Impact of Alternative Fare Structures", Institute of Transport Studies, University de Leeds.

McFadden, D. (1974), "The Measurement of Urban Travel Demand", *Journal of Public Economics*, vol. 3, pp. 303-325.

Nash, C. et C. Rivera-Trujillo (2004), "Rail Regulatory Reform in Europe, Principles and Practice", Institute of Transport Studies, University de Leeds.

Oum, T. H., W.G. Waters et Jon Say Yong (1990), "A Survey of Recent Estimates of Price Elasticities of Demand for Transport", Infrastructure and Urban Development Department, the Worldbank.

Preston, J., M. Wardman et G. Whelan (1999), "An Analysis of the Potential for On-Track Competition in the British Passenger Rail Industry", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 33, part 1, pp. 77-94.