



ORGANISATION
FOR ECONOMIC
CO-OPERATION AND
DEVELOPMENT



18TH MADRID 2009

INTERNATIONAL     
TRANSPORT RESEARCH SYMPOSIUM

Document de référence n° 2009-17

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**

Transports interurbains à grande vitesse au Japon -- Passé, présent et avenir --

par

**Katsuhiro YAMAGUCHI
Kiyoshi YAMASAKI**

Faculté des Sciences Politiques
Université de Tokyo
Japon

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

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	3
1. INTRODUCTION.....	3
2. ÉVOLUTION DU TRANSPORT INTERURBAIN À GRANDE VITESSE AU JAPON	4
3. CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME DE TRANSPORT INTERURBAIN À GRANDE VITESSE.....	17
4. ANALYSE PAR SIMULATION DU FUTUR SYSTÈME DE TRANSPORT INTERURBAIN À GRANDE ET TRÈS GRANDE VITESSE (<i>MAGLEV</i>).....	21
5. CONCLUSION	30
6. REMERCIEMENTS	31
7. BIBLIOGRAPHIE	33
ANNEXE : ESTIMATION DES PARAMÈTRES POUR LES MODÈLES DE DISTRIBUTION DES DÉPLACEMENTS ET DE RÉPARTITION MODALE	34

RESUME

L'entrée en service du Shinkansen, en 1964, a marqué l'avènement d'un réseau unique de transport interurbain au Japon qui mariait le développement de la grande vitesse ferroviaire avec celui du transport aérien et a conduit à asseoir le choix du mode sur les prix et la vitesse. Le train à grande vitesse de la nouvelle génération, en l'occurrence le train à sustentation magnétique, se pointe aujourd'hui à l'horizon. Une analyse par simulation réalisée à l'aide d'un modèle logit spatial dynamique imbriqué a permis de cerner tout l'impact de cette nouvelle technologie. Elle révèle que l'axe Tokyo–Nagoya–Osaka offre de réelles perspectives à un train à très grande vitesse à sustentation magnétique (Super-express Maglev), mais que les avantages nets qu'il générerait n'excéderaient ses coûts nets que si le Japon enregistrerait une croissance de 2 à 3 pour cent par an pendant les 65 prochaines années. Le marché du transport aérien devrait, dans une telle conjoncture, continuer à s'élargir lui aussi en dépit de la forte concurrence du système Shinkansen/Maglev. Il convient aussi de s'intéresser à l'effet réducteur exercé par la sustentation magnétique sur le réchauffement de la planète. La sustentation magnétique génère trois fois moins d'émissions de CO₂ que le transport aérien, mais l'irruption du Super-express Maglev sur le marché des transports interurbains ferait aussi venir à lui des clients du Shinkansen dont l'intensité d'émission de CO₂ est cinq fois moins élevée. L'analyse par simulation montre même que l'exploitation des Super-express Maglev ferait augmenter les émissions totales de CO₂ produites par les transports interurbains à grande vitesse. Les producteurs d'énergie pourraient tempérer l'augmentation totale des émissions de CO₂ produites par les consommateurs d'électricité, y compris les Super-express Maglev, en réduisant la teneur en CO₂ de l'électricité qu'ils produisent, ce qu'ils peuvent faire en utilisant davantage d'énergie nucléaire. Une évaluation plus approfondie de l'impact possible des contraintes de capacité pesant sur le réseau existant (cette étude sort du cadre du présent rapport) permettrait de mieux cerner l'avenir du système de transport interurbain à grande vitesse.

1. INTRODUCTION

L'augmentation de la valeur du temps dans les sociétés modernes a propulsé la grande vitesse ferroviaire et le transport aérien au premier plan dans les transports interurbains d'aujourd'hui. L'entrée en service du Shinkansen en 1964 au Japon a révélé au grand jour le rôle important que la grande vitesse ferroviaire pouvait jouer dans les transports interurbains. L'ICE, en 1991, et le TGV, en 1993, ont ouvert une nouvelle ère en Europe, tandis que la Corée du Sud d'abord et la Chine ensuite ont mis leur propre réseau en place dès les premiers jours du 21ème siècle. Le Président des États-Unis a quant à lui exposé sa vision de la grande vitesse ferroviaire cette année.

A la différence des États-Unis où le transport aérien domine depuis longtemps le monde du transport interurbain, le transport aérien et le Shinkansen se sont développés en parallèle au Japon. La libéralisation et le développement des infrastructures ont permis au Japon de se doter d'un vaste réseau de transport aérien desservant les segments du marché inaccessibles au Shinkansen. Ces deux modes de transport, à savoir l'avion et le train à grande vitesse, ont doté le Japon d'un système moderne de transport interurbain qui se distingue par la concurrence intense que ces deux modes se livrent.

L'avenir semble promettre l'entrée en scène d'une nouvelle technologie de transport à grande vitesse, à savoir la sustentation magnétique. Un programme de mise en place d'une ligne à sustentation magnétique reliant Tokyo à Nagoya à partir de 2025 ayant été publié récemment, il est nécessaire de réfléchir dès maintenant à l'avènement d'un nouveau système trimodal de transport interurbain à grande vitesse.

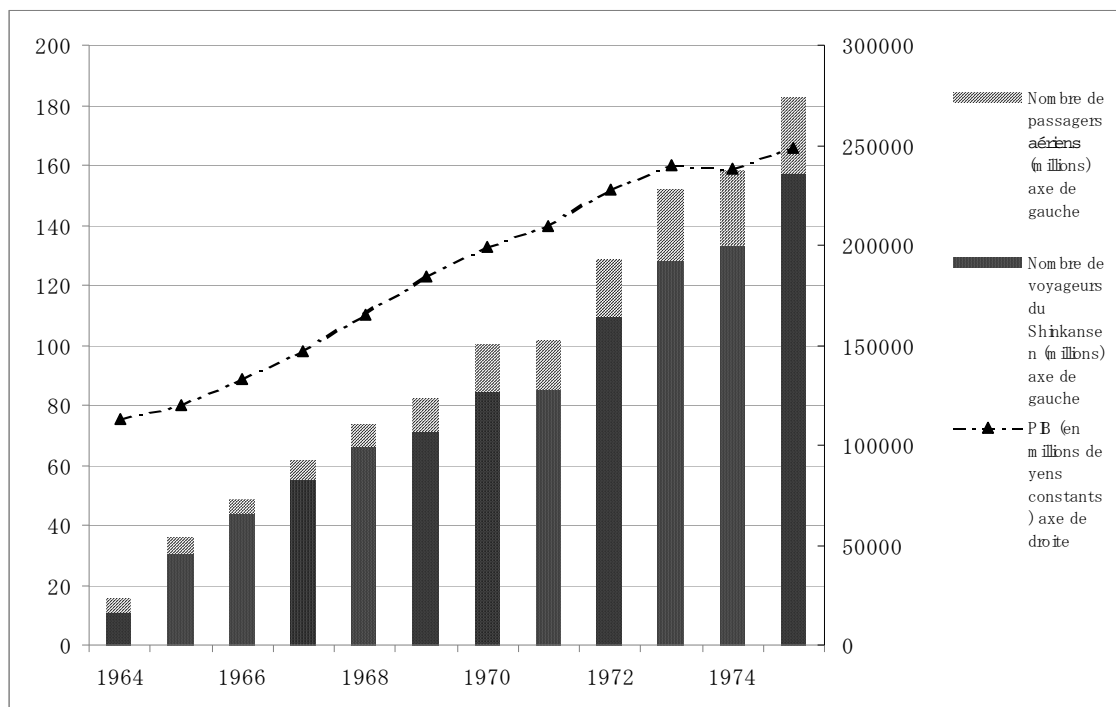
Le présent rapport retrace l'évolution de la grande vitesse ferroviaire et du transport aérien au Japon et tente d'imaginer ce que à quoi le transport interurbain de demain pourrait ressembler. Il passe en revue tout un ensemble de données statistiques relatives au transport dans le but de cerner les caractéristiques de ces modes de transport et tente d'évaluer, en usant d'un modèle logit spatial dynamique imbriqué, l'impact national du Super-express Maglev.

2. ÉVOLUTION DU TRANSPORT INTERURBAIN A GRANDE VITESSE AU JAPON

2.1. Période 1960–1970

En octobre 1964, époque où les trains ne dépassaient pas les 120 km/heure, le Shinkansen a fait figure, avec ses 210 km/heure de vitesse de pointe, de super-express qui a fait du rêve une réalité. Le premier train à grande vitesse a ramené les sept heures nécessaires jusque là pour parcourir les 550 kilomètres qui séparent Tokyo d'Osaka à quatre heures et dix minutes. Le service était assuré au départ par dix super-express « Hikari » qui ne s'arrêtaient qu'à Nagoya et Kyoto et dix express « Kodama » qui s'arrêtaient encore dans d'autres gares. Les premiers trains composés de douze voitures pouvaient accueillir 987 voyageurs. La capacité de transport par chemin de fer entre Tokyo et Nagoya a augmenté de 42 pour cent, alors même que celle des trains rapides circulant sur le réseau existant se réduisait de plus de 30 pour cent. Un relèvement de la vitesse maximale a permis de ramener la durée du trajet Tokyo–Osaka à trois heures et dix minutes l'année suivante et de faire passer le nombre de rotations à 55 par jour. Le prix du billet Tokyo–Osaka en Hikari s'élevait à 2 480 yens. En six mois, le Shinkansen a ainsi pu transporter 11 millions de voyageurs en attirant, grâce à ses prix et sa vitesse, une forte clientèle d'hommes d'affaires. La Figure 1 montre que le Shinkansen transporte 85 millions de voyageurs par an depuis 1970.

Figure 1. Demande de transport par air et par Shinkansen en voyageurs/kilomètre (1964-1975)



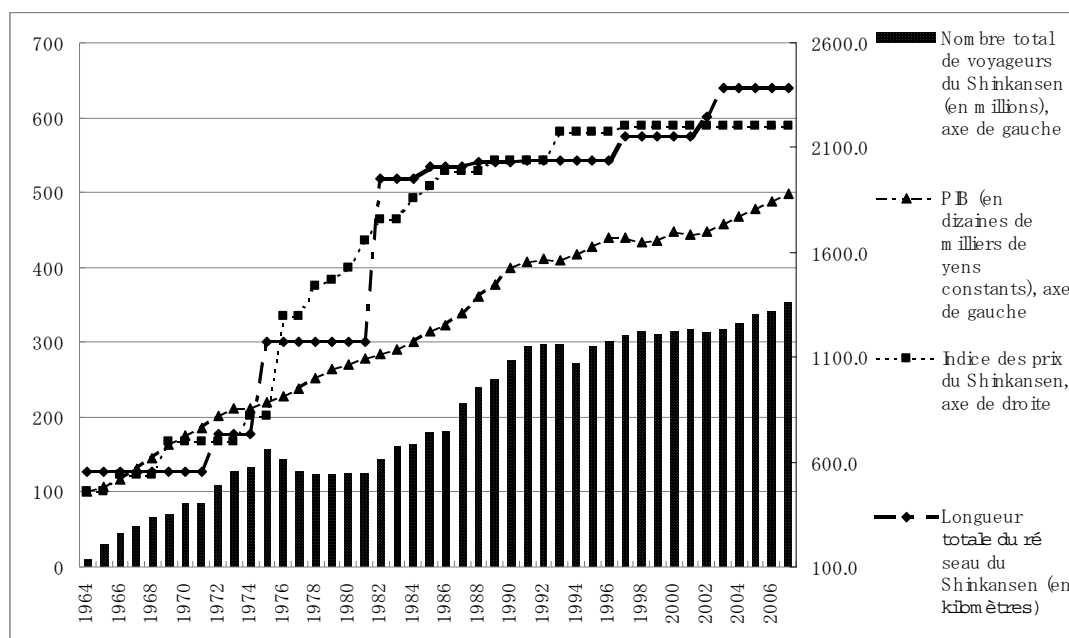
La compagnie aérienne nationale Japan Air Lines (JAL) devait au départ desservir les lignes internationales et les grandes lignes intérieures, en l'occurrence les lignes entre Tokyo, Osaka, Sapporo, Fukuoka et Okinawa, les lignes intérieures de moindre importance étant attribuées à d'autres compagnies. L'augmentation de la demande et l'âpreté de la concurrence entre les compagnies aériennes appelaient toutefois à la mise en place d'un nouveau cadre propre à assurer la loyauté de la concurrence et un développement harmonieux du marché. Les recommandations formulées par le Conseil de la politique des transports du Ministère des Transports¹ en 1970 et le décret ministériel de 1972 ont tracé les contours du régime auquel le transport aérien allait désormais être soumis au Japon. Dans ce régime dit « 45/47 »², JAL exploite les lignes internationales et les grandes lignes intérieures, All Nippon Airways (ANA) quelques grandes lignes et des lignes locales intérieures et Toa Domestic Airlines (TDA)³ des lignes locales intérieures. Ce régime a régi les activités des compagnies aériennes japonaises jusqu'au milieu des années 80.

Quand le Shinkansen a commencé à rouler en 1964, le transport aérien mettait ses premiers avions à réaction en service. Le premier de ces avions à voler sur des lignes intérieures, un Conveyer 880, a volé entre Tokyo et Osaka en 1961. Des Boeing 727 et des DC8 sont venus compléter la flotte des compagnies aériennes japonaises à partir de 1964. La ligne Tokyo–Osaka était cependant encore desservie par des turbopropulseurs au moment où le Shinkansen a fait ses premiers tours de roue. À cette époque, les avions volaient sur les lignes intérieures à une vitesse moyenne de 333 km/h et il leur fallait 1 heure 45 minutes pour aller de Tokyo à Osaka. Au cours de ses six premiers mois d'exploitation, le Shinkansen a enlevé 3.6 millions de passagers, soit 14 pour cent de sa clientèle, à l'avion. Malgré ce succès spectaculaire du Shinkansen, le transport aérien a considérablement progressé pendant les années suivantes jusqu'à transporter plus de 15 millions de passagers par an à partir des années 70.

2.2. Période 1970–1990

Le Shinkansen a atteint Okayama, à 150 kilomètres à l’Ouest d’Osaka, en 1972 et Hakata dans le Nord de Kyushu, à 644 kilomètres d’Osaka, en 1975. Son réseau se composait alors des 553 kilomètres de la ligne de Tokaido et des 644 kilomètres de la ligne de Sanyo. Sa fréquentation a augmenté de 15 pour cent par an entre 1965 et 1975, année où il a transporté 157 millions de voyageurs.

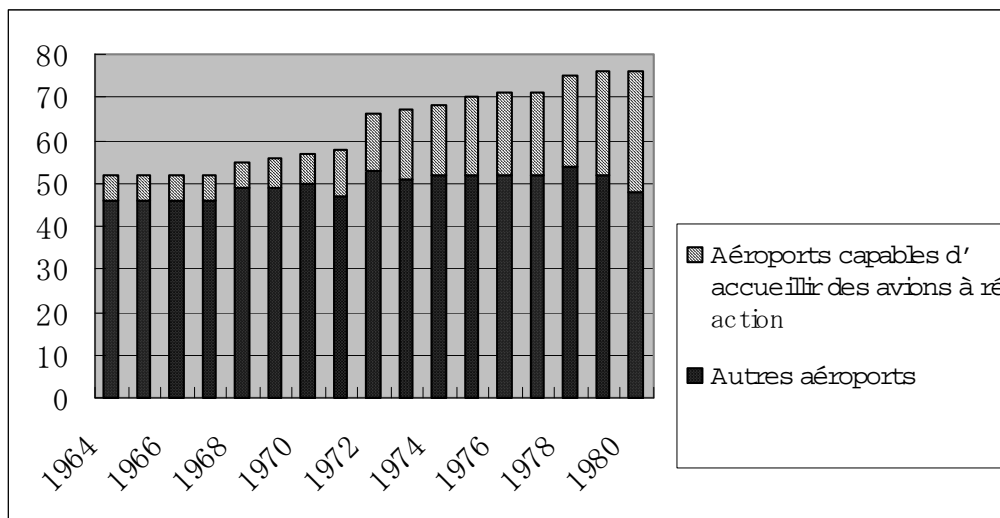
Figure 2. Histoire, en chiffres, du Shinkansen (1964–2007)



La demande du Shinkansen a toutefois commencé à décroître les années suivantes. Le ralentissement de l’activité entraîné par le réajustement des taux de change décidé en 1971 et la crise pétrolière de 1973 n’a fait qu’ajouter au poids de l’énorme déficit que la société nationale des chemins de fer (JNR) creusait au fil des ans. La JNR assume en principe la charge des investissements, de l’entretien et de l’exploitation. La motorisation rapide des transports urbains et régionaux a plongé la JNR dans des difficultés financières très sérieuses que le développement du réseau ferré en zone rurale n’a fait qu’aggraver. Le déficit cumulé de la JNR est passé de 83 milliards de yens en 1965 à 678 milliards de yens en 1975 et n’a pas cessé d’augmenter à un rythme effréné depuis lors. L’État et la JNR ont tenté de combler ce gouffre financier en relevant les tarifs : l’aller simple Tokyo–Osaka en Shinkansen est passé des 2 480 yens initiaux à 5 050 yens en 1974 et 10 800 yens en 1981, c’est-à-dire a quadruplé en 17 ans. Les tarifs de la JPC ont donc augmenté plus vite que l’IPC et que les tarifs aériens qui se sont en effet multipliés par respectivement 2.7 et 2.3 au cours de la même période. Les tarifs des chemins de fer ont continué à augmenter jusqu’à la privatisation de la JNR en 1987, date à laquelle il fallait déboursier 13 100 yens pour aller de Tokyo à Osaka en Shinkansen. La Figure 2 illustre l’effet de cette hausse des tarifs.

La demande de transport aérien s'est également ralentie pendant la fin des années 70, mais ce recul est moins prononcé que celui du Shinkansen. Les compagnies aériennes se sont rapidement mises à exploiter des avions à réaction plus rapides et plus grands que les avions à turbopropulseurs. La Figure 3 montre que le nombre d'aéroports capables de recevoir des avions à réaction est passé de 6 en 1965 à 28 en 1980.

Figure 3. **Évolution du nombre d'aéroports classés par catégories (1964–1980)**



L'État a construit, et financé à 100 pour cent, des aéroports internationaux de première catégorie à Tokyo et Osaka⁴. Il possède et exploite par ailleurs deux aéroports de seconde catégorie à Sapporo et Fukuoka financés à hauteur des deux tiers par l'État et d'un tiers par les collectivités locales. Les autorités locales ont également construit, avec intervention de l'État à hauteur de 50 pour cent dans les coûts d'investissement, et gèrent plusieurs aéroports de troisième catégorie. Le premier volet du plan quinquennal de construction d'aéroports a été adopté en 1967. En 1970, l'État a créé un Fonds spécial pour le développement des aéroports qu'il a chargé de construire et exploiter des aéroports de première et seconde catégories et de subventionner les aéroports de troisième catégorie. Ce Fonds spécial est alimenté à hauteur de 70 à 80 pour cent par le produit des droits d'atterrissage et 11 treizièmes du produit de la taxe sur le carburéacteur due sur les vols intérieurs reversés par le budget de l'État, le reste étant couvert par des crédits budgétaires généraux et des contributions versées par les collectivités locales gestionnaires d'aéroports de seconde catégorie. Pendant les années 80, l'État a injecté de l'argent dans le Fonds spécial pour le développement des aéroports, afin de financer d'importants investissements effectués dans l'aéroport de Haneda. En 1966, l'État a créé l'agence pour le nouvel aéroport international de Tokyo (Narita). Ce nouvel aéroport est entré en activité en 1978, après douze années de difficultés. Les vols internationaux ont alors été transférés de Haneda vers Narita et ont libéré ainsi des capacités utilisables pour absorber une demande inexploitée sur le marché du transport aérien intérieur.

Le Japon a commencé à émerger de ses difficultés économiques et le marché du transport aérien tant international qu'intérieur à progresser au cours des années 80. En 1985, le Conseil pour la politique des transports a remanié le régime 45/47 et recommandé à l'État d'opter pour une politique d'ouverture à la concurrence. Les lignes à fort trafic sont devenues accessibles à plusieurs compagnies

différentes. Le Ministère des Transports a fixé les niveaux de la demande à partir desquels l'accès était ouvert à deux ou trois compagnies différentes et les a baissés en 1992 et en 1996, afin de débrider encore davantage le jeu de la concurrence. La notion même de niveau seuil a été jetée aux oubliettes en 1997 et toutes les lignes sont désormais accessibles, quel que soit le volume de leur trafic, à un nombre illimité de compagnies. Il s'en suit que le rapport du nombre de sièges disponibles sur les lignes desservies par plusieurs compagnies au nombre total de sièges disponibles sur le marché du transport aérien intérieur est passé de 53 pour cent en 1985 à 80 pour cent en 1999. La nouvelle politique du transport aérien adoptée en 1985 a privatisé JAL et autorisé d'autres compagnies que la JAL à exploiter des lignes internationales.

Les tarifs aériens intérieurs étaient calculés sur la base des coûts. Quand les compagnies demandaient à relever leurs tarifs pour compenser l'inflation ou une hausse du prix du carburant, l'État faisait recalculer leur coût global d'exploitation et ne les autorisait à relever leurs tarifs que dans une mesure proportionnelle au niveau auquel une exploitation efficiente porterait ce coût global. Cette formule de « proportionnalité par rapport au coût global » est commune à toutes les entreprises publiques.

2.3. Période d'après 1990

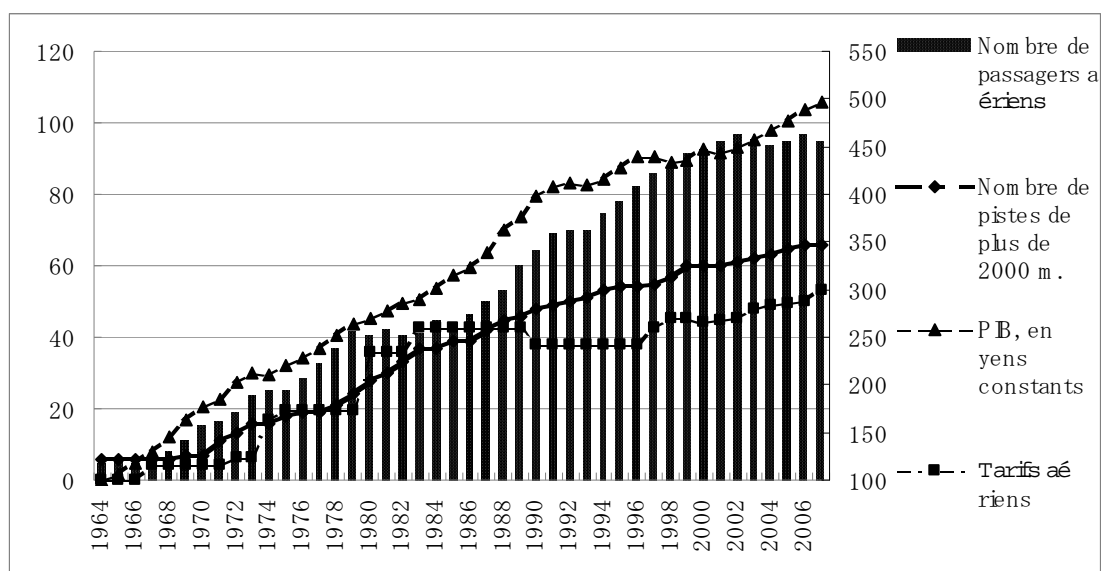
2.3.1. *Libéralisation du marché du transport aérien*

L'éclatement de la « bulle économique » a plongé l'économie japonaise dans la récession et les prix ont même commencé à diminuer au début des années 90. L'ouverture de l'aéroport international de Kansai en 1994 aurait sans doute été fêté plus dignement s'il n'y avait pas eu cette grande dépression. Le secteur privé s'est trouvé mis en difficulté par la contraction de la demande et la chute des prix, mais les entreprises publiques, notamment celles du secteur des transports, ont tenté de répercuter leurs surcoûts sur les consommateurs en relevant leurs tarifs. Les protestations véhémentes soulevées depuis 1994 par les hausses des tarifs des entreprises publiques ont mis la réforme du régime de fonctionnement de ces entreprises à l'ordre du jour des autorités politiques. La fixation des tarifs aériens a été libéralisée et les compagnies peuvent désormais obtenir l'homologation automatique de leurs tarifs dans une zone spécifique. Le nouveau régime tarifaire qui leur est applicable leur offre une réelle flexibilité, puisqu'elles peuvent faire varier leurs tarifs d'une saison et d'un vol à l'autre. Les demandes introduites par les compagnies dans le cadre du nouveau régime à partir de 1996 ont toutes été approuvées. Les compagnies en place ont profité de ce nouveau régime pour faire coïncider le relèvement de leurs tarifs ordinaires sur leurs grandes lignes avec l'octroi de diverses réductions pour, par exemple, réservation de sièges à l'avance ou fréquentation assidue de leurs vols. Malgré ces diverses réductions, le relèvement des tarifs ordinaires valables pour des grandes lignes telles que Tokyo-Fukuoka ou Tokyo-Sapporo a soulevé une vague de protestations dans les régions de Fukuoka et Sapporo.

Cette situation a ouvert des perspectives aux candidats à la création de nouvelles compagnies aériennes. Les travaux de renforcement des capacités de l'aéroport surchargé d'Haneda allaient bon train et la mise en service d'une nouvelle piste en mars 1997 a permis d'y ouvrir 40 créneaux supplémentaires d'atterrissage par jour. Ces créneaux ont été attribués aux compagnies en deux phases, la première en juillet 1997 et la seconde en avril 1998. Les deux premières des six nouvelles compagnies aériennes en instance de création à l'époque ont vu le jour en septembre 1998 (Skymark Airlines sur Tokyo-Fukuoka) et décembre 1998 (AIR DO : Hokkaido International Airlines sur Tokyo-Sapporo). Abstraction faite des filiales des trois grandes compagnies, il s'agissait bien là des

premières vraies nouvelles compagnies depuis 35 ans. Skymark et AIR DO ont, à leurs débuts, pratiqué des tarifs de loin inférieurs, de respectivement 50 et 36 pour cent en fait, à ceux des compagnies en place. Ces tarifs bon marché très appréciés ont contribué à pousser leur taux de remplissage à 80 pour cent, alors que les compagnies en place devaient composer avec un recul brutal de leur fréquentation. Sur les grandes lignes lucratives à forte clientèle d'hommes d'affaires, les compagnies en place se sont alors mises à offrir des réductions sur leurs vols partant immédiatement avant ou après ceux des nouvelles compagnies et à dynamiser leurs programmes de fidélisation. Ces contre-mesures se sont révélées efficaces et les compagnies en place ont pu ramener en un an leur demande à son niveau antérieur dès mars 1999. Le renforcement de la concurrence a fait augmenter le nombre annuel de passagers de 16.3 pour cent sur la ligne Tokyo-Fukuoka et de 9.4 pour cent sur la ligne Tokyo-Sapporo. L'attribution pro concurrentielle des créneaux dans les aéroports encombrés, notamment celui de Haneda, constitue depuis lors une des préoccupations majeures du Ministère des Transports. La nouvelle politique menée en la matière prévoit que cette attribution doit être revue tous les cinq ans. La Figure 4, qui illustre l'évolution du transport aérien, montre que malgré la stagnation économique du milieu des années 90, le trafic aérien a augmenté légèrement grâce à l'effet dopant exercé par la dérégulation sur le marché.

Figure 4. Évolution des transports aériens (1964–2007)



Le Japon a déréglementé son secteur des transports par étapes. En décembre 1996, le Ministère des Transports a décidé, pour accélérer la déréglementation du secteur dans son entier et promouvoir la réforme administrative, de mettre fin au régime d'adaptation de l'offre à la demande dans tout le secteur dès la fin du siècle. Se fondant sur le rapport d'avril 1998 du Conseil pour la politique des transports, le Japon a complètement libéralisé le marché du transport aérien, en renforçant cependant les règles qui régissent les services essentiels de desserte des îles éloignées et l'attribution des créneaux dans les aéroports encombrés. Les mesures nécessaires de libéralisation ayant été prises, la nouvelle loi sur l'aviation civile mise en œuvre en février 2000 met fin au régime d'adaptation de l'offre à la demande, supprime l'obligation d'obtention d'une licence par ligne, déréglemente la

fixation des tarifs qui ne doivent plus qu'être notifiés au lieu d'être approuvés et obligés à revoir tous les cinq ans l'attribution des créneaux dans les aéroports encombrés sur la base de critères prédéfinis.

Yamaguchi (2005) a calculé que la déréglementation du transport aérien, d'une part, et les investissements publics réalisés dans le secteur, d'autre part, ont majoré la rente du consommateur au total de respectivement 1.2 et 3.5 trillions de yens entre 1980 et 1998.

2.3.2. Réforme de la JNR et Shinkansen

L'année au cours de laquelle le Shinkansen a fait ses premiers tours de roue est aussi celle où les très graves problèmes financiers de la JNR ont éclaté au grand jour. La JNR a annoncé son premier déficit d'exploitation en 1964 et ce déficit n'a pas cessé de se creuser ensuite. Les réserves accumulées par le passé étaient épuisées dès 1966 et le déficit net a alors commencé à augmenter. En 1971, la JNR a fait état d'une perte d'exploitation avant amortissement. Les tarifs augmentaient presque d'année en année et les aides publiques sont montées à 6.6 trillions de yens au total, mais la dette à long terme a malgré cela atteint les 37.1 trillions de yens, dont 15.5 trillions de yens de pertes cumulées. En 1987, l'État a mis fin à la crise financière de la JNR en la privatisant dans les conditions suivantes :

- division de la JNR en six sociétés régionales de transport de voyageurs et une société de transport de marchandises ;
- transfert des services à grande vitesse à une entité publique spécialisée qui en concédera l'exploitation aux sociétés issues de la privatisation ;
- transfert de 11.6 des 37.1 trillions de yens de la dette à long terme aux principales sociétés issues de la privatisation, les 25.5 trillions de yens restants étant pris en charge par une entité publique spécialisée.

La société des transports ferroviaires de l'Est a été introduite en bourse en 1993, suivie peu après par celle de l'Ouest en 1996 et celle du centre en 1997. Ces trois sociétés ont racheté les actifs, satellisés en 1989 dans le cadre de la réforme de la JNR, du Shinkansen en 1991. Le problème des 25.5 millions de dette à long terme pris en charge par l'entité publique spécialisée a été réglé de façon définitive en 1998.

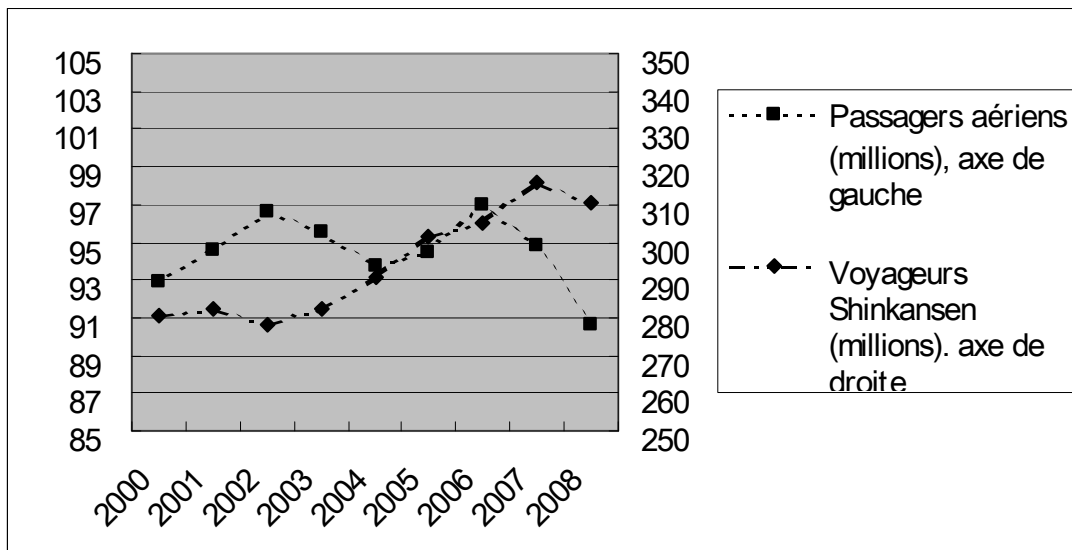
Une loi imposant l'établissement d'un plan national de développement du réseau à grande vitesse a été adoptée en 1970. Le plan arrêté en 1973 prévoit d'étendre le réseau vers le Nord jusqu'à Sapporo, dans le Hokkaido, et vers le Sud jusqu'à Kagoshima, dans le Kyushu, et de construire une nouvelle ligne à grande vitesse joignant Tokyo à Osaka via Nagano et Toyama. Comme le surinvestissement était une des principales causes des difficultés financières de la JNR, le système de financement de ces nouvelles lignes à grande vitesse visait essentiellement à empêcher les mêmes causes d'avoir les mêmes effets. Le système mis en place en 1989 pour assurer le financement du premier prolongement du réseau jusqu'à Nagano en met 50 pour cent à la charge de la société en cause, 35 pour cent à la charge de l'État et 15 pour cent à la charge des collectivités locales. Ce régime de financement a été revu en 1996 dans un sens tel que l'opérateur ne doit aujourd'hui plus assumer la charge des coûts d'investissement qu'en proportion des bénéfices qu'il peut en tirer, le reste étant couvert par l'État (2/3) et les collectivités locales (1/3).

2.4. Vers l'avenir

2.4.1. Shinkansen et transport aérien

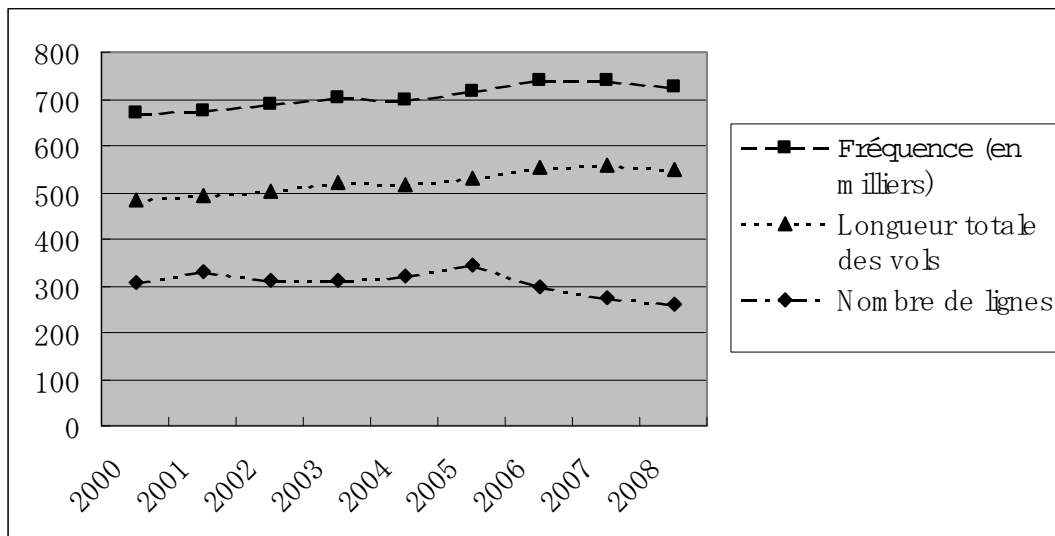
Le Shinkansen n'a pas cessé de voir sa demande augmenter au tournant du siècle et sa relation de complémentarité avec le transport aérien ne s'est pas démentie ces dernières années. La Figure 5 illustre l'évolution du nombre de passagers du Shinkansen et de l'avion observée ces dernières années.

Figure 5. Évolution récente du nombre de passagers aériens et de voyageurs du Shinkansen (2000–2008)



Le réseau actuel de lignes à grande vitesse s'étend sur 2 387 kilomètres, auxquels il faut encore ajouter 1 173 kilomètres dont l'achèvement pourrait prendre, en raison des contraintes budgétaires, une dizaine d'années. Il est en outre aussi prévu de construire une ligne pour train à sustentation magnétique dans le cadre du plan de réalisation du grand réseau national de lignes à grande vitesse envisagé par la loi Shinkansen de 1970. La grande différence entre les lignes à achever et la ligne à sustentation magnétique réside dans le fait que cette dernière devrait être entièrement financée par la société des transports par chemin de fer du centre.

Figure 6. Évolution récente du transport aérien (2000–2008)



Le nombre total de lignes aériennes intérieures diminue graduellement depuis le tournant du siècle, sauf en 2005 quand l'aéroport international Centrair de Chubu a été mis en service. La Figure 6 montre que les fréquences et le kilométrage total parcouru en vol ont malgré cela augmenté. La capacité et la demande augmentent sur les lignes à destination et en provenance de Tokyo (Haneda), mais diminuent sur les autres, notamment celles qui relient deux aéroports locaux entre eux. La concentration des lignes a fait augmenter leur fréquence moyenne de desserte d'environ 30 pour cent entre 2000 et 2008. La Figure 7, qui illustre l'évolution du nombre mensuel de passagers enregistrés sur les lignes à destination et en provenance de Tokyo, d'une part, et d'aéroports locaux, d'autre part, montre que la demande a progressé de 10 pour cent sur les premières et diminué de 35 pour cent sur les secondes.

En ce qui concerne la demande de transport aérien intérieur, la recette moyenne est passée, compte tenu de la hausse du coût du carburant, de 15.0 yens par passager/kilomètres en 2002 à 17.6 yens par passager/kilomètres en 2008. Il s'en suit que le nombre total de passagers est tombé de 96.7 millions en 2002 à 90.7 millions en 2008. La fusion de JAL et JAS en 2002 a également eu un impact sur le marché. La Figure 8 illustre les changements intervenus au cours de ces dernières années.

Figure 7. Évolution du nombre mensuel (en milliers) de passagers enregistré sur les lignes ayant Tokyo pour origine ou destination et sur les lignes reliant des aéroports locaux entre eux (janvier 2000–mars 2009)

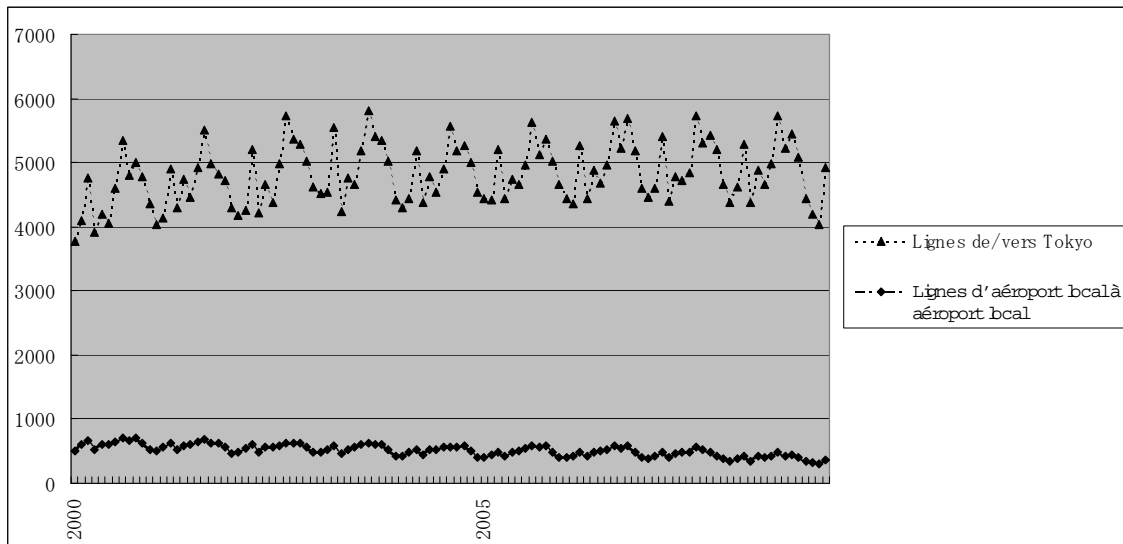
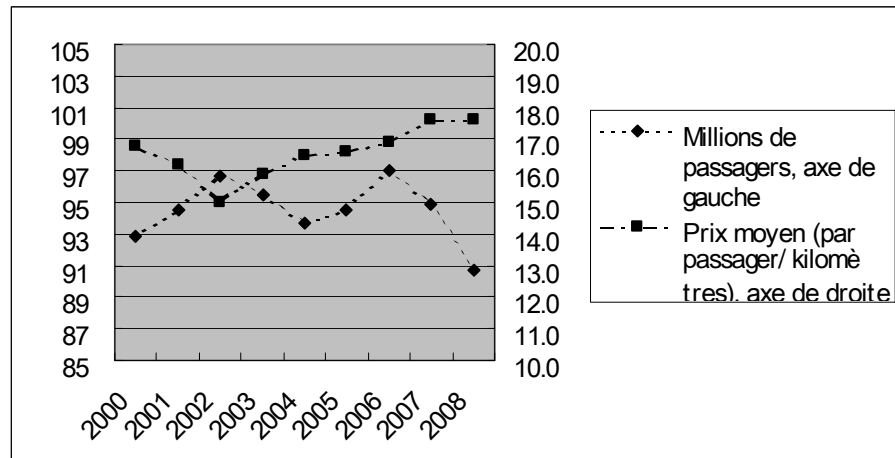
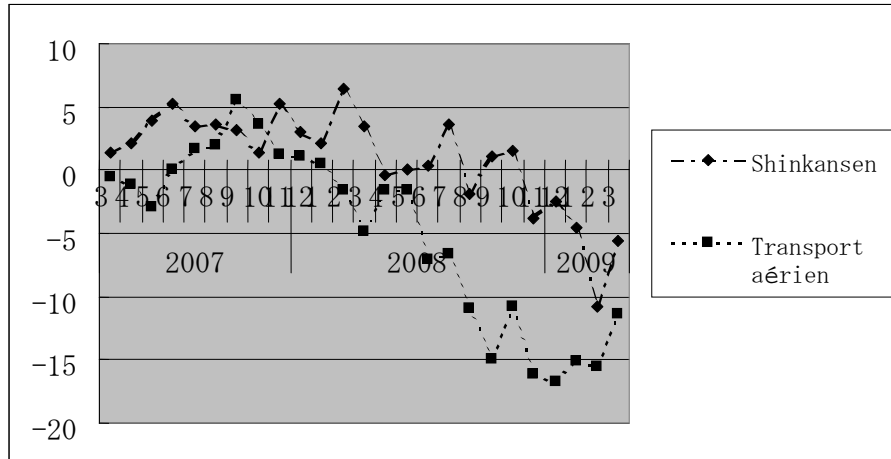


Figure 8. Évolution du nombre de passagers et des prix du transport aérien (2000–2008)



La Figure 9 illustre l'influence profonde que la récession mondiale exerce depuis septembre 2008 sur le transport aérien et la grande vitesse ferroviaire. Les deux modes de transport ont connu ces derniers mois une contraction sans précédent de leur trafic. Les prévisionnistes s'attendent à ce que le bout du tunnel soit atteint en février 2009, et il y a espoir de voir le marché des transports rebondir dans un avenir prévisible au rythme de la reprise économique.

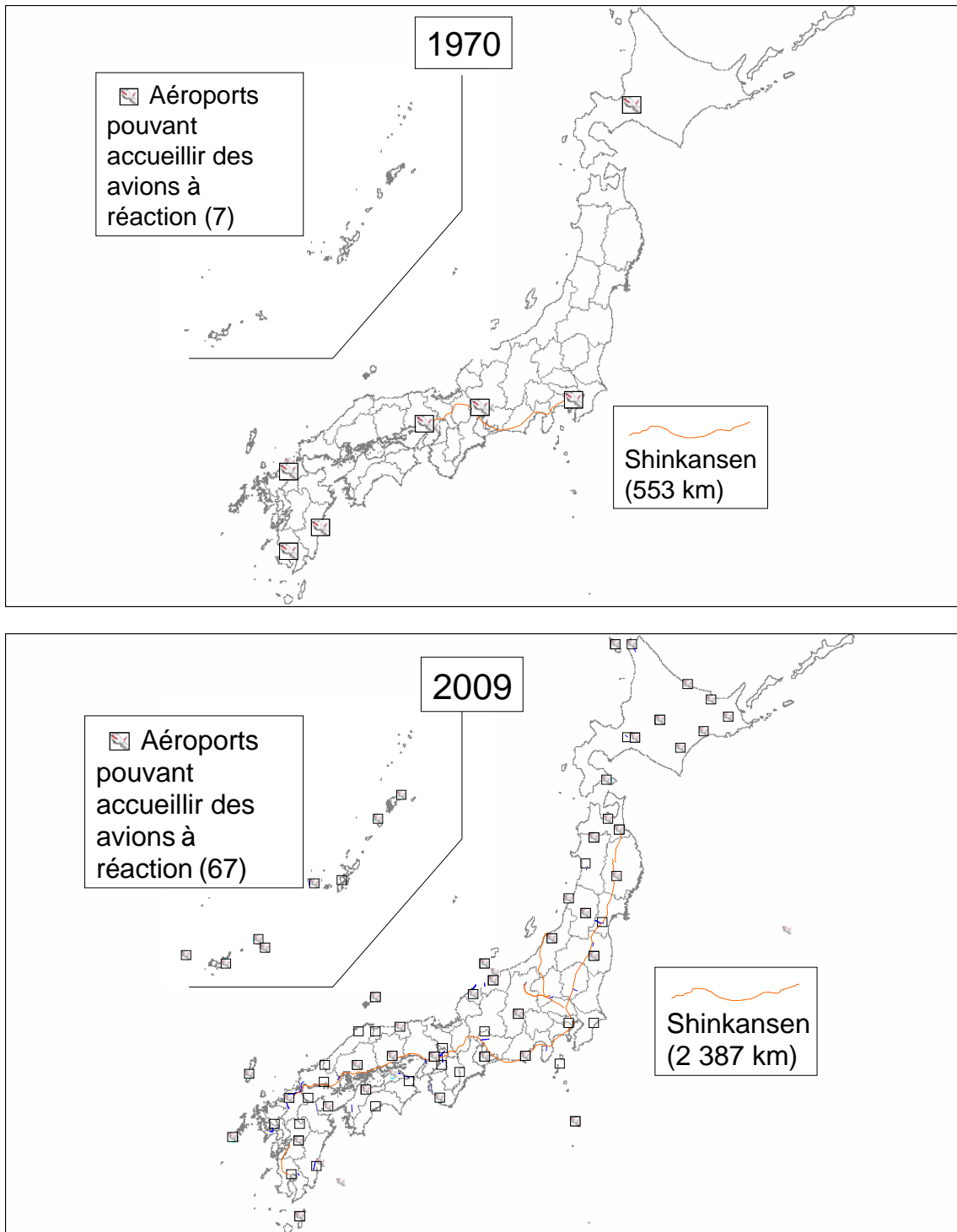
Figure 9. Évolution, en %, du trafic voyageurs mensuel des avions et des trains à grande vitesse (mars 2007–mars 2008)



La Figure 10 cartographie le réseau Shinkansen et la localisation des aéroports en 1970 et 2009. Il convient de souligner que l'augmentation du nombre d'aéroports régionaux est pour l'essentiel terminée. Il est aujourd'hui nécessaire de renforcer les capacités dans la zone métropolitaine de Tokyo et le nombre de créneaux d'atterrissage devrait effectivement augmenter fortement dans l'aéroport de Haneda et l'aéroport international de Narita en 2010. La mise en service d'une quatrième piste à l'aéroport de Haneda devrait influencer sensiblement sur le trafic intérieur ainsi que sur le trafic aérien avec les villes voisines du continent asiatique. L'aéroport de Haneda, qui traitait quotidiennement quelque 806 vols intérieurs et 24 vols charters internationaux, devrait voir le nombre de ses vols intérieurs passer à 826 en octobre 2010 et à 880 six mois plus tard.

En 1978, à l'ouverture de l'aéroport international de Narita, la grande majorité des vols internationaux réguliers ont quitté l'aéroport de Haneda, mais celui-ci pourra accueillir, quand il aura été agrandi en 2010, 40 vols internationaux réguliers quotidiens vers les grandes villes proches du continent asiatique pendant la journée et 40 autres vols internationaux entre les dernières heures de la journée et les premières du jour suivant. La répartition de 72 vols supplémentaires éventuels reste encore à déterminer.

Figure 10. Réseau Shinkansen et aéroports en 1970 et 2008



2.4.2. Trains à sustentation magnétique

Le « Maglev », train à sustentation magnétique à aimants supraconducteurs, est une technologie dont les prémices remontent à 1962. Dix ans après le lancement des recherches par la JNR, les premiers tests ont été réalisés sur une voie d'essai de 220 mètres construite dans un centre de recherche de Kunitachi, à Tokyo. En 1974, la construction d'une voie d'essai de 7 kilomètres de long a démarré à Miyazaki où des marches d'essai ont été effectuées jusqu'en 1996, année où une nouvelle voie d'essai de 42.8 kilomètres de long a été inaugurée à Yamanashi. Une vitesse maximale de 581 km/h y a été atteinte en 2003, année choisie par le comité public de technologie pour annoncer la faisabilité technologique du Maglev Super express. En 2006, les marches d'essai cumulées dépassaient les 500 000 kilomètres et en 2007, la voie d'essai a été élevée au rang de partie de la ligne du futur Chuo Shinkansen. La société des chemins de fer du centre a annoncé cette même année qu'elle projetait d'inaugurer sa ligne Tokyo–Nagoya à sustentation magnétique en 2025 et serait seule à assumer le coût de ce projet de 500 trillions de yens.

Le Chuo Shinkansen est une des lignes dont la loi sur le développement de la grande vitesse ferroviaire prévoit la création. Le Super express Maglev programmé par la société des chemins de fer du centre fait partie intégrante de ce Chuo Shinkansen. Le tracé de la ligne fait actuellement débat. Plusieurs collectivités locales réclament son passage par leurs villes, mais cela ne pourrait qu'alourdir le coût de construction des infrastructures du Maglev.

Tableau 1. Comparaison du Shinkansen, du Maglev (projet) et de l'avion

	Tokyo–Nagoya (366 kilomètres *)			Tokyo–Osaka (553 kilomètres *)		
	Durée	Prix	CO ₂ /voyageur	Durée	Prix	CO ₂ /voyageur
Shinkansen (Nozomi)	103 min	10 780 yens	5.2 kg	156 min	14 050 yens	7.9 kg
Maglev (projet)	40 min	(11 780 yens)	15.7 kg	60 min	(15 000 yens)	23.8 kg
Avion	-	-	-	68 min	13 600 yens	68.8 kg

* Distance en chemin de fer.

Tableau 2. Intensité de CO₂

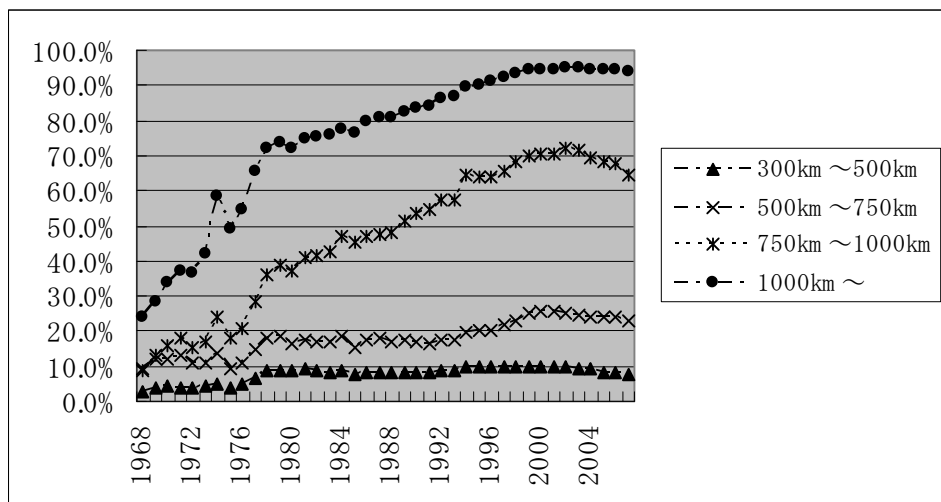
	g-CO ₂ par voyageur/kilomètres
Shinkansen	14.2
Maglev	43.0
Avion	124.5

3. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE TRANSPORT INTERURBAIN A GRANDE VITESSE

3.1. Longueur moyenne des déplacements en Shinkansen et en avion

Le Shinkansen s'empruntait à l'origine pour de longs déplacements, dont la majorité dépassaient les 300 kilomètres, mais plus de la moitié des déplacements effectués en Shinkansen depuis 2007 se font sur moins de 300 kilomètres. La distance moyenne parcourue est revenue de 319 kilomètres en 1968 à 234 kilomètres en 2007 : elle est de 308 kilomètres sur la ligne du Tokaido, de 251 kilomètres sur la ligne de Sanyo, de 168 kilomètres sur la ligne de Tohoku, de 126 kilomètres sur la ligne de Jouetsu, de 82 kilomètres sur la ligne de Hokuriku et de 103 kilomètres sur la ligne du Kyushu. La ligne du Tokaido est donc la seule où elle dépasse les 300 kilomètres.

Figure 11. Évolution de la part de marché du transport aérien, ventilée par catégorie de distance

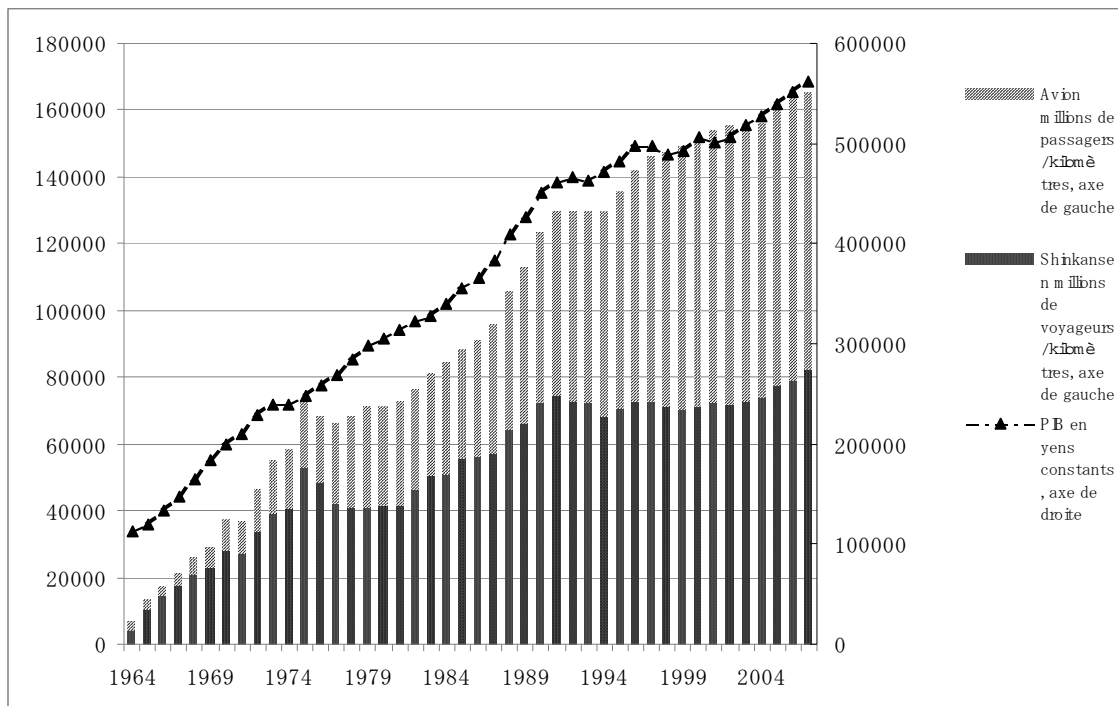


Par contre, les déplacements intérieurs en avion sont devenus en moyenne plus longs, puisqu'ils sont passés de 605 kilomètres en 1968 à 881 kilomètres en 2007. Cette évolution divergente des distances moyennes parcourues en Shinkansen et en avion s'étant accentuée au fil des années, la part du marché du transport à longue distance détenue par l'avion a augmenté dans les proportions illustrées par la Figure 11.

3.2. Répartition du marché entre le Shinkansen et le transport aérien

La Figure 12 montre que le trafic cumulé du Shinkansen et de l'avion a augmenté presque au même rythme que le PIB, la stagnation du trafic du Shinkansen observée entre 1975 et 1985 semblant avoir été compensée par l'avion. Le modèle logit ci-dessous permet de comprendre cette répartition modale.

Figure 12. Évolution du PIB et du nombre de voyageurs/kilomètres du Shinkansen et de l'avion



3.2.1. Modèle logit

L'analyse ci-après fait appel à un modèle logit reposant sur un ensemble de données rétrospectives dans lequel U_k représente l'utilité du choix du mode de transport k composée d'une portion déterminante V_k et d'une variable aléatoire δ , de sorte que :

$$U_k = V_k + \delta.$$

Les deux modes de transport sont le rail (R) et l'avion (A). V_k est fonction du prix et se définit comme suit :

$$V_k = \alpha + \beta p_k.$$

Dans cette équation,

p_k représente le tarif du mode k et

α et β sont des paramètres.

La probabilité du choix de l'avion ou du train s'exprime comme suit :

$$P_A = \frac{\exp(V_A)}{\exp(V_R) + \exp(V_A)} \quad \text{et} \quad P_R = \frac{\exp(V_R)}{\exp(V_R) + \exp(V_A)}$$

En représentant la demande totale du transport par air et par chemin de fer par X , on a :

$$X_A = s_A X = P_A X \quad \text{et} \quad X_R = s_R X = P_R X, \quad \text{de sorte que}$$

$$X_A / X_R = P_A X / P_R X = P_A / P_R = \exp(V_A) / \exp(V_R).$$

En prenant les log naturels des deux membres, la formule devient :

$$\ln[X_A / X_R] = \ln [P_A / P_R] = \alpha + \beta(p_A - p_R) + \varepsilon$$

avec ε comme résidu.

3.2.2. Description des données

Il existe des statistiques tant du trafic du Shinkansen que du trafic aérien. Ces statistiques sont ventilées par segment de ligne dans le cas du transport aérien, mais pas pour les chemins de fer et le Shinkansen en particulier. Les statistiques des chemins de fer n'indiquent donc pas combien de voyageurs ont pris le Shinkansen à Tokyo et en sont descendus à Osaka.

Des enquêtes annuelles sur les flux de voyageurs régionaux sont donc réalisées depuis 1960 pour cerner l'évolution du trafic interdépartemental. Ces enquêtes permettent de déterminer combien de voyageurs se sont déplacés à l'intérieur des 47 départements ainsi qu'entre eux. Les chiffres sont ventilés par mode de transport. Le nombre de personnes qui se sont déplacées entre les départements de Tokyo et d'Osaka peut donc être connu. Les déplacements multimodaux sont divisés en segments modaux comptant chacun pour un déplacement. L'objet des déplacements n'est pas connu. Les enquêtes jettent, en dépit de ces limitations, un bon éclairage sur la mobilité interdépartementale. Un comptage du trafic voyageurs des grands axes est réalisé tous les cinq ans depuis 1990 pour combler leurs lacunes. Le plus récent de ces comptages date de 2005. Le comptage minutieux s'effectue sur un seul jour en automne et répartit les chiffres en 207 zones. Le niveau de service interzonal est inféré des horaires publiés.

Il y a deux ensembles de données pour X , un ensemble A indiquant le nombre annuel de voyageurs/kilomètre réalisé par le Shinkansen et les compagnies aériennes (de 1965 à 2007) et un ensemble B chiffrant le nombre total de déplacements de plus de 300 kilomètres effectués en chemin de fer et en avion (de 1968 à 2007). Le coût de transport p est représenté par le prix du voyage Tokyo-Osaka effectué en Shinkansen et en avion (1964–2007). Les prix sont corrigés de l'inflation sur la base de l'indice des prix à la consommation. Ces données sont agrégées et calculées par la méthode classique des moindres carrés.

3.2.3. Résultat des calculs

La valeur de β est égale à respectivement -1.2 et -1.7 et statistiquement significative pour les deux ensembles de données (Tableau 4). Elle correspond à celle que des études antérieures lui donnent.

Tableau 3. Paramètre de la répartition modale

Paramètres	Ensemble de données A		Ensemble de données B	
	Paramètre	t de Student	Paramètre	t de Student
Constante (α)	0.070	1.194	0.399	4.682 *
Coût de transport (β)	- 1.242	- 11.804 *	- 1.711	- 9.535 *
R ²	0.699		0.705	
Taille de l'échantillon	43		40	

* significatif au niveau de 1 pour cent.

Le Tableau 4 indique l'élasticité-prix directe moyenne $\beta p_k (1 - s_k)$ et l'élasticité-prix croisée moyenne $\beta p_k s_k$ calculées au départ des paramètres estimés et des ensembles de données A et B. Ces chiffres sont conformes à ceux que donnent des études antérieures.

Tableau 4. Élasticité-prix moyenne

	Ensemble de données A	Ensemble de données B
Élasticité-prix directe (moyenne)	0.70	0.89
Élasticité-prix croisée (moyenne)	0.94	1.51

La répartition de la demande de transport ainsi que du nombre de déplacements de plus de 300 kilomètres entre l'avion et le Shinkansen est étroitement corrélée à la différence relative des prix. Le modèle ignore toutefois les conditions spatiales et le facteur vitesse. L'analyse plus approfondie de la relation air/rail requiert un modèle spatial qui divise les régions en zones et prend la finalité des déplacements en compte. Il est nécessaire aussi de réfléchir à ce que la population, l'activité économique et les technologies de transport interurbain pourraient être à l'avenir. Le chapitre suivant élabore un modèle de la demande nationale de transport interurbain utilisable pour évaluer l'impact du Super-express Maglev.

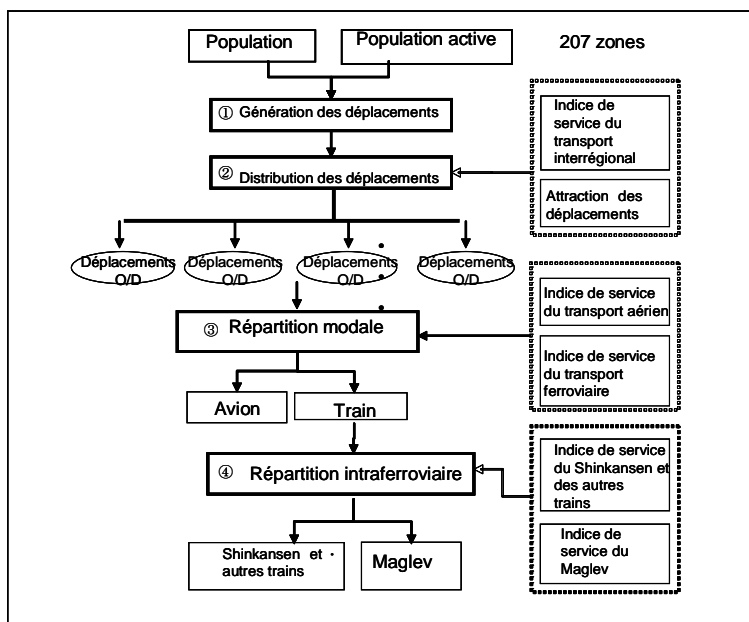
4. ANALYSE PAR SIMULATION DU FUTUR SYSTEME DE TRANSPORT INTERURBAIN A GRANDE ET TRES GRANDE VITESSE (MAGLEV)

4.1. Structure du modèle

Le modèle se compose de quatre éléments (voir Figure 13) :

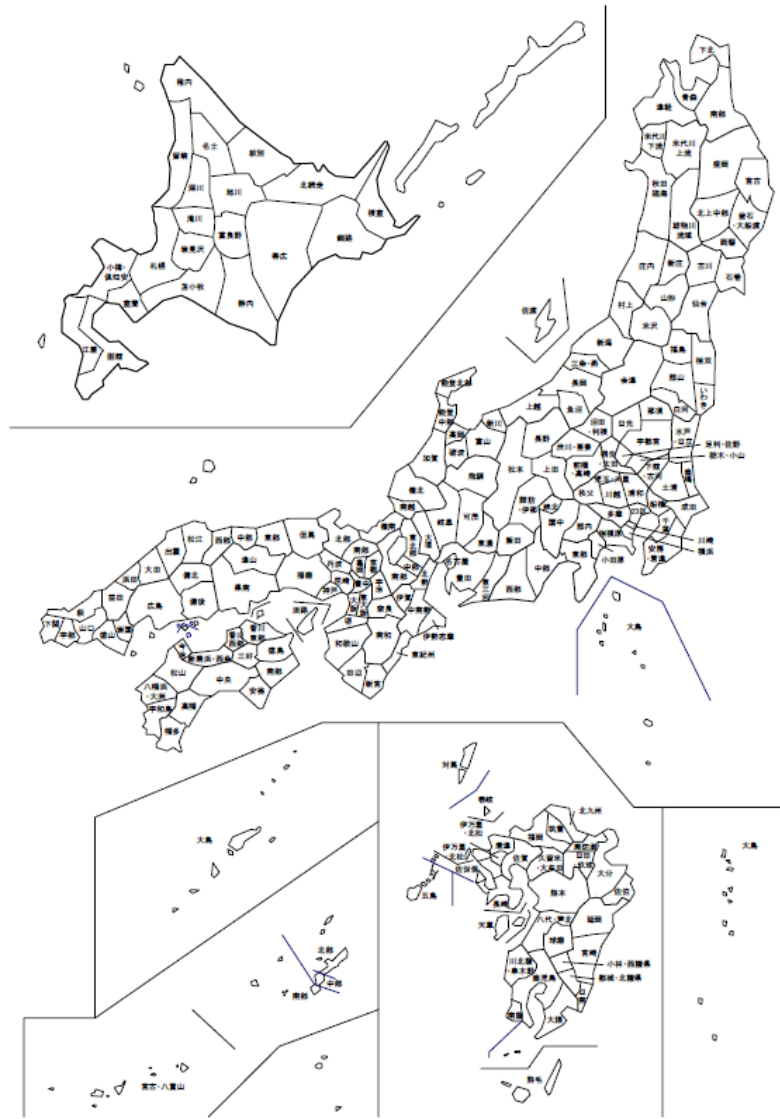
- 1) un modèle de génération de déplacements à l'échelle nationale ;
- 2) un modèle de distribution des déplacements de zone à zone ;
- 3) un modèle de répartition du trafic entre l'avion et le train ;
- 4) un modèle de choix entre le Shinkansen et le Maglev.

Figure 13. Structure du modèle



Le modèle de la demande interurbaine divise le Japon en 207 zones (Figure 14). Il fait la différence entre trois motifs de déplacement, à savoir le travail, le tourisme et les raisons personnelles.

Figure 14. **Division du Japon en 207 zones**



4.2. Modèle de génération des déplacements

4.2.1. Structure du modèle

La génération des déplacements est fonction de la population et du nombre de déplacements par habitant. Pour les déplacements à finalités professionnelles, la population est donnée par le nombre de travailleurs :

$$T_{im} = POP_{im} GA_{im} \quad (1)$$

T_{im} : génération des déplacements à finalité m dans la zone i ,

POP_{i1} : population de la zone i

GA_{im} : nombre de déplacements à finalité m accomplis par habitant dans la zone i .

4.2.2. *Modèle de génération des déplacements*

Le nombre de déplacements par habitant est fonction du niveau de service, du prix et de l'élasticité par rapport au revenu. Le paramètre est calibré de telle sorte que le nombre de déplacements par habitant de cette zone corresponde à la valeur du modèle :

$$GA_i = \beta_{0i} q_i^{\beta_i} (1+n)^{\eta} \quad (2)$$

β_{0i} : paramètre à calibrer sur la base du niveau actuel de GA_i et de l'indice d'accessibilité aux autres zones q_i

β_i : élasticité-prix

q_i : indice d'accessibilité inféré du modèle de distribution des déplacements

n : taux annuel de croissance du PIB

η : élasticité par rapport au revenu.

4.3. *Modèle de distribution des déplacements*

Le modèle de distribution des déplacements est un modèle logit imbriqué qui répartit les déplacements générés dans la zone i entre leurs différentes destinations. La probabilité du choix de la zone j comme destination d'un déplacement venant de la zone i (P_{ij}) dépend du niveau d'utilité du déplacement de la zone i vers la zone j (V_{ij}) parmi toutes celles qui sont envisageables. Ce niveau d'utilité dépend du niveau de service des modes qui assurent des liaisons entre les deux zones (q_{ij}) et du pouvoir d'attraction de la zone de destination j (S_j). Le niveau de service q_{ij} est tiré de la somme logarithmique du modèle de choix du mode de transport décrit ci-dessous. Le pouvoir d'attraction de la zone j est obtenu par agrégation des déplacements qui ont cette zone pour destination. Le paramètre θ_j^D utilisé dans le facteur somme logarithmique est une estimation tirée de l'Annexe.

$$q_i = \frac{1}{\theta_1^D} \ln \left[\sum_j \exp(V_{ij}) \right] \quad (3)$$

$$P_{ij}^D = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_j \exp(V_{ij})} \quad (4)$$

$$V_{ij} = \theta_1^D q_{ij} + \theta_2^D \ln S_j \quad (5)$$

$$q_{ij} = \frac{1}{\theta_1^S} \ln \left[\exp(\theta_1^S q_{ij}^A + \theta_2^S) + \exp(\theta_1^S q_{ij}^R) \right] \quad (6)$$

P_{ij}^D : probabilité du choix de la zone j comme zone de destination

V_{ij} : utilité du déplacement entre les zones i et j

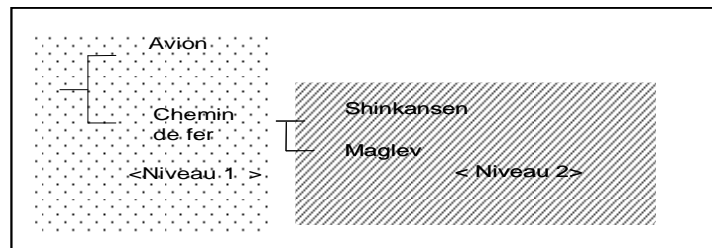
S_j : ensemble des déplacements à destination de la zone j

q_{ij} : valeur en somme logarithmique des déplacements entre les zones i et j .

4.4. Modèle de choix du mode de transport

Le modèle de choix du mode de transport est un modèle logit imbriqué qui répartit l'ensemble des déplacements interzonaux par mode. Il opère un choix (voir Figure 15) entre les deux modes « avion » et « chemin de fer » et, pour ce qui est de ce dernier, entre « Shinkansen et autres trains⁵ » et « Maglev ».

Figure 15. **Structure du modèle de sélection du mode de transport**



4.4.1. Niveau 1

La probabilité du choix du mode k pour effectuer un déplacement entre les zones i et j s'exprime sous la forme d'une fonction logit multinominale agrégée dans laquelle V_{ij} est la portion déterminante de l'utilité reconnue au mode k , q_{ij}^K est le prix généralisé composé de la valeur du temps et des sommes déboursées et w est la valeur du temps tirée d'études antérieures (voir Annexe). Dans le cas du chemin de fer, le prix généralisé est donné par la moyenne pondérée du Shinkansen et du Maglev. θ_1 et θ_2 sont des paramètres à estimer.

Si la fonction d'utilité U_{ij}^k du choix du mode k pour effectuer un déplacement entre les zones i et j composée du facteur déterminant $V_{ij}^k = \alpha + \beta p_{ij}^k$ et d'une variable aléatoire se présente sous la forme de l'équation :

$$U_{ij}^k = \beta p_{ij}^k + \alpha + \varepsilon_{ij}^k \quad (7)$$

dans laquelle $p_{ij}^k = M_{ij}^k + \theta T_{ij}^k$ est le coût généralisé des déplacements effectués entre les zones i et j en empruntant le mode k ,

M_{ij}^k est le prix des déplacements effectués entre les zones i et j en empruntant le mode k ,

θT_{ij}^k est le produit de θ , valeur du temps, par T_{ij}^k , temps que dure un déplacement effectué entre les zones i et j en empruntant le mode k ,

α est une constante,

β un paramètre et

ε_{ij}^k une variable aléatoire avec distribution de Gumbel,

la probabilité du choix du mode k pour effectuer un déplacement entre les zones i et j peut s'exprimer comme suit :

$$P_{ij}^k = \frac{\exp(V_{ij}^k)}{\sum_{k=A,R} \exp(V_{ij}^k)} \quad (8)$$

En conséquence, si X_{ij} est la demande totale de mobilité entre les zones i et j , la fonction de la demande du mode k se présente comme suit :

$$x_{ijk} = P_{ij}^k X_{ij} = \frac{\exp(V_{ij}^k)}{\sum_{k=A,R} \exp(V_{ij}^k)} X_{ij} \quad (9)$$

$$P_{ij}^A = \frac{\exp(V_{ij}^{Air})}{\exp(V_{ij}^{Air}) + \exp(V_{ij}^{Rail})} = \frac{\exp(\theta_1^S q_{ij}^A + \theta_2^S)}{\exp(\theta_1^S q_{ij}^A + \theta_2^S) + \exp(\theta_1^S q_{ij}^R)}$$

$$q_{ij}^R = P_{ij}^{Linear} \cdot q_{ij}^{Linear} + P_{ij}^{Shinkansen} \cdot q_{ij}^{Shinkansen}$$

$$q_{ij}^A = w \cdot t_{ij}^A + p_{ij}^A$$

P_{ij}^k : probabilité du choix du mode k pour effectuer un déplacement entre les zones i et j ,

k : avion (A) ou chemin de fer (R),

V_{ij}^k : utilité du choix du mode k pour effectuer un déplacement entre les zones i et j , (10)

4.4.2. Niveau 2

$$P_{ij}^S = \frac{\exp(V_{ij}^S / \lambda)}{\exp(V_{ij}^S / \lambda) + \exp(V_{ij}^M / \lambda)} = \frac{\exp(\theta_1^S q_{ij}^S / \lambda)}{\exp(\theta_1^S q_{ij}^S / \lambda) + \exp(\theta_1^S q_{ij}^M / \lambda)}$$

$$q_{ij}^S = wt_{ij}^S + p_{ij}^S, q_{ij}^M = wt_{ij}^L + p_{ij}^M$$

P_{ij}^S et P_{ij}^M : probabilité du choix de S (Shinkansen) ou M (Maglev),
 V_{ij}^K : fraction déterminante de l'utilité du choix du mode K (K ∈ S, M),
 q_{ij}^R : somme logarithmique du déplacement en chemin de fer,
 λ : facteur de corrélation entre S et M.

(11)

Un modèle logit imbriqué reflète la préférence accordée par le consommateur au Shinkansen et au Maglev, qui sont des substituts plus proches que l'avion et le train. Au second niveau du choix modal, λ est un paramètre qui donne le niveau de corrélation entre les deux termes de l'alternative Shinkansen–Maglev. Les deux termes sont d'autant plus indépendants et l'addition du Maglev aux possibilités de choix est d'autant plus appréciée par les voyageurs que λ est élevé. En l'absence de données observables sur le degré d'indépendance du Shinkansen et du Maglev, il sera fait usage d'une valeur exogène de 0.8 pour λ .

4.5. Estimation du paramètre et valeurs exogènes

Le paramètre reçoit, dans les modèles de distribution des déplacements et de répartition modale, les valeurs estimatives détaillées dans l'annexe.

L'élasticité-prix du modèle de génération de déplacements est tirée d'études antérieures. Les valeurs que ces études antérieures lui attribuent sont indiquées dans l'annexe. Le présent rapport en retient les suivantes :

Tableau 5. **Élasticité de la demande**

	Affaires	Tourisme	Motifs personnels
Élasticité-prix	0.7	1.5	1.5

L'élasticité par rapport au revenu du modèle de génération des déplacements est également tirée d'études antérieures. Les valeurs que ces études antérieures lui attribuent sont indiquées dans l'Annexe. Le présent rapport retient la valeur de 1.78 calculée par Murakami *et al.* (2006).

4.6. Détermination des facteurs socio-économiques et des caractéristiques du service fourni par le Maglev

4.6.1. Population et croissance économique

L'institut national de recherche sur la population et la sécurité sociale estime que la population du pays devrait tomber de 127 à 119 millions d'habitants, c'est-à-dire diminuer de 6 pour cent⁶. L'agrégation des chiffres urbains sur les 207 zones révèle que la population va augmenter dans certaines zones métropolitaines telles que Tokyo, Yokohama, Toyota (dans la région de Nagoya) et Amagasaki (dans la région de Kansai), mais diminuer ailleurs.

Pour ce qui est de la croissance économique, la conjoncture actuelle empêche de pronostiquer une évolution robuste de l'économie. Le présent rapport analyse donc un ensemble de scénarios qui fait passer, par paliers successifs de 0.5 pour cent, le taux de croissance de 0.5 à 3 pour cent. Les données utilisées dans le modèle prennent l'année 2005 comme année de référence. Le Super-express Maglev devrait être inauguré en 2025. Comme il devrait avoir normalement une durée de vie de 50 ans, l'évaluation va jusqu'en 2075.

4.6.2. Caractéristiques du service fourni par le Maglev

L'évolution future de la demande sur les relations Tokyo–Nagoya et Tokyo–Osaka devrait être déterminée par le raccourcissement de la durée et l'augmentation du prix des trajets indiqués ci-après.

Tableau 6. : **Caractéristiques du service fourni par le Maglev**

	Tokyo–Nagoya	Tokyo–Osaka
Durée	40 minutes	60 minutes
Coût	augmentation de 1000 yens	augmentation de 1 000 yens

Note : Vingt minutes s'ajoutent au point de correspondance en cas d'utilisation du Superexpress Maglev et d'un autre train pour effectuer un déplacement.

4.6.3. Zones OD affectées par la mise en service du Maglev

L'analyse devant se limiter aux zones OD affectées par la mise en service du Maglev, il est évident que les paires OD géographiquement extérieures au corridor Tokyo–Nagoya–Osaka doivent être éliminées. NITAS permet d'identifier les origines et destinations entre lesquelles les déplacements s'effectuent actuellement par le Shinkansen du Tokaido. Les origines et destinations entre lesquelles ils ne s'effectuent pour le moment pas en Shinkansen, mais pourraient s'effectuer en Maglev au moment où il sera mis en service sont également prises en compte dans la simulation.

4.6.4. Zones métropolitaines

Les trois grandes zones métropolitaines analysées sont celles de Tokyo, Osaka et Nagoya

Tableau 7. **Préfectures composant les trois zones métropolitaines**

	Tokyo	Hanshin	Chukyo
Préfecture	Tokyo–Kanagawa -Chiba-Saitama	Nara–Kyoto– Osaka-Hyogo	Aich–Mie–Gifu

4.7. Résultat de la simulation

4.7.1. Impact du Maglev sur la répartition modale

Le Tableau 8 indique le nombre annuel estimatif de déplacements qui devraient s'effectuer dans le pays en 2025. Il montre qu'en raison de la diminution de la population, le nombre de ces déplacements est inférieur, sans le Maglev, de 2 pour cent à celui qu'il était avec le niveau de population de 2005. La mise en service du Super-express Maglev entre Tokyo et Osaka fait passer la part de marché combinée du Shinkansen et du Maglev de 75.6 à 76.1 pour cent. Le Tableau 9 indique le nombre annuel de déplacements qui devraient s'effectuer dans le corridor Tokyo–Hanshin en 2025. L'impact est beaucoup plus marqué dans ce corridor, puisque la part de marché combinée du Shinkansen et du Maglev passerait de 78.6 à 81.4 pour cent. Elle devrait même passer à 84.4 pour cent quand le Super-express Maglev reliera Tokyo à Osaka. Le Super-express Maglev a certes un fort impact sur le transport aérien, mais en a encore un plus marqué sur le trafic du Shinkansen. Il enlèvera en effet au Shinkansen plus de la moitié de son trafic dans le corridor Tokyo–Hanshin.

Tableau 8. **Nombre annuel estimatif (en millions) de déplacements effectués dans l'ensemble du pays en 2025**

	Avion	Shinkansen	Maglev	Total
Sans Maglev	84 (24.4 %)	261 (75.6 %)	-	345
Avec Maglev Tokyo-Nagoya	83 (23.9 %)	216 (62.6 %)	46 (13.4 %)	345
Avec Maglev Tokyo-Osaka	81 (23.4 %)	200 (57.9 %)	64 (18.6 %)	346

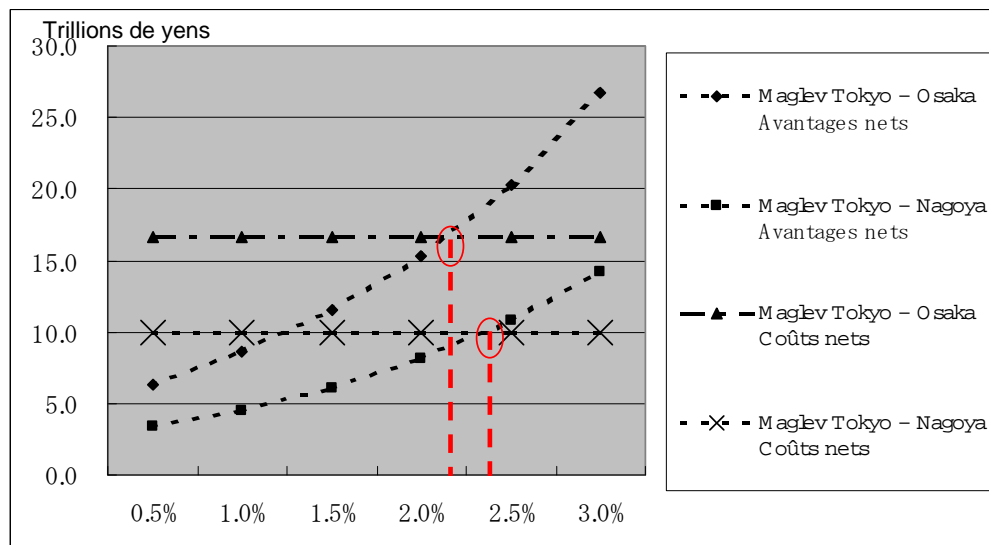
Tableau 9. **Nombre annuel estimatif (en millions) de déplacements effectués entre Tokyo et Hanshin en 2025**

	Avion	Shinkansen	Maglev	Total
Sans Maglev	8 (21.4 %)	31 (78.6 %)	-	39
Avec Maglev Tokyo-Nagoya	7 (18.6 %)	13 (32.8 %)	19 (48.7 %)	40
Avec Maglev Tokyo-Osaka	6 (15.6 %)	11 (26.4 %)	24 (58.0 %)	41

4.7.2. Coûts et avantages du Super-express Maglev

Les avantages que la mise en service du Maglev peuvent générer dépendent de la vigueur de la croissance économique. Une analyse de sensibilité des avantages nets a donc été réalisée en faisant varier le taux annuel de croissance de 0.5 à 3 pour cent par paliers successifs de 0.5 pour cent. Les coûts ont été déduits d'une étude réalisée en juillet 2009 par l'Agence pour la construction, les transports et la technologie des chemins de fer japonais et la Société des chemins de fer du centre qui chiffre les coûts de construction, d'entretien et de réparation du Maglev Tokyo–Nagoya pendant les 50 années de vie du projet⁷.

Figure 16. Avantages et coûts nets de la mise en service du Maglev (trillions de yens)



Il ressort de la Figure 16 que les bénéfices nets excèdent les coûts nets, si le taux de croissance dépasse les 2 à 2.5 pour cent. Il convient de souligner que les avantages nets sont calculés par rapport à un scénario de non-interventionnisme qui ne fait peser aucune contrainte de capacité sur le Shinkansen et le transport aérien. Les avantages nets seraient plus importants si le Shinkansen et le transport aérien étaient soumis à des contraintes de ce genre. En ce qui concerne la croissance économique annuelle, le dépassement des 2 pour cent est un défi qui est certes de taille, mais n'est pas non plus irréaliste. Les perspectives économiques publiées par le bureau du Premier Ministre en janvier 2009 envisagent plusieurs taux différents de croissance du PIB. La croissance devrait atteindre un niveau d'environ 1.5 à 2 pour cent ou même davantage, selon la rapidité du redressement de l'économie mondiale, au cours de la prochaine décennie. L'augmentation de la demande d'économies émergentes telles que la Chine et l'Inde est prometteuse. L'ouverture de nouvelles perspectives dans le domaine de l'environnement, des nanotechnologies et de la robotique devrait alimenter la croissance de l'économie japonaise pendant le 21ème siècle.

4.7.3. Impact du Maglev sur les émissions de CO₂

Il importe de souligner les qualités écologiques de la lévitation magnétique. Le Maglev émet trois fois moins de CO₂ que l'avion. Un des espoirs mis dans la mise en service du Maglev réside dans sa capacité de réduction des émissions de CO₂ produites par le transport interurbain à grande vitesse, mais tel n'est pas exactement le cas. Comme le Maglev devrait enlever un très grand nombre de voyageurs à l'avion aussi bien qu'au Shinkansen, mais émet cinq fois plus de CO₂ que ce dernier, les émissions totales de CO₂ produites par les transports urbains à grande vitesse augmenteront de 2.7 pour cent quand il circulera entre Tokyo et Nagoya, et de 4.9 pour cent quand il circulera entre Tokyo et Osaka. Ces estimations devraient toutefois être révisées si le Shinkansen était soumis à des contraintes de capacité qui feraient migrer une fraction considérable de la demande vers l'avion. L'étude de cette question doit être repoussée à plus tard. Il serait possible toutefois de limiter l'augmentation des émissions de CO₂ produites par le Shinkansen et le Maglev en réduisant celles que

gènèrent la production et la distribution d'électricité. Ces dernières sont cinq fois plus importantes au Japon qu'en France, parce que le Japon n'a que peu d'énergie nucléaire. Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ est, vu sous cet angle, considérable.

5. CONCLUSION

Le présent rapport retrace l'évolution du transport interurbain à grande vitesse au Japon et évalue, par une analyse de simulation, les conséquences de la mise en œuvre d'un mode de transport d'une nouvelle génération, à savoir le Maglev. Dans un marché où le chemin de fer à grande vitesse (Shinkansen) et l'avion se sont développés simultanément, le prix et la vitesse se sont clairement révélés être les déterminants du choix modal. Il s'ensuit que l'évaluation de l'impact du Maglev qu'il est prévu de mettre en service entre Tokyo et Nagoya en 2025 doit faire entrer l'inégalité des prix et des vitesses des modes existants et du mode futur en ligne de compte. L'analyse de simulation réalisée à l'aide d'un modèle logit spatial dynamique imbriqué révèle que le Maglev a de réelles chances de se tailler une place au soleil sur la relation Tokyo–Nagoya–Osaka. Elle montre cependant aussi que les avancées en matière de bien-être social et les recettes d'exploitation n'excèdent les coûts nets d'investissement, d'entretien et de réparation que si le taux annuel de croissance économique oscille entre 2 et 3 pour cent au cours des 65 années à venir. Dans une telle conjoncture, le marché du transport aérien continuerait également à s'élargir malgré la forte concurrence du système Shinkansen/Maglev.

L'impact du Maglev sur les émissions de CO₂ mérite également de retenir l'attention. Le Maglev ne peut pas tirer avantage du fait qu'il émet beaucoup moins de CO₂ que l'avion, parce qu'il enlève plus de voyageurs au Shinkansen qui produit cinq fois moins de CO₂ que lui. Le secteur de la conversion d'énergie pourrait, pour tempérer l'augmentation des émissions de CO₂ produites par l'ensemble des consommateurs d'électricité, Maglev y compris, réduire les émissions de CO₂ générées par sa production d'électricité en utilisant par exemple davantage d'énergie nucléaire.

L'analyse doit être poussée plus avant pour évaluer l'impact global de l'amélioration du transport interurbain à grande vitesse. Elle doit notamment faire entrer les contraintes de capacité en ligne de compte. Lorsque la croissance économique fera augmenter la demande de mobilité, les contraintes de capacité qui pèsent sur le réseau à grande vitesse actuel pourraient faire migrer bon nombre des clients du Shinkansen vers l'avion. Si tel devait être le cas, il serait nécessaire de revoir le scénario qui laisse les choses aller leur cours normal et de réévaluer ses avantages nets ainsi que son impact sur les émissions de CO₂. Le rapport ne s'étend pas sur les gains de productivité, les effets migratoires et l'efficacité de la politique nationale d'aménagement du territoire qui restent des domaines de recherche à approfondir.

6. REMERCIEMENTS

L'auteur remercie l'Unité de recherche sur la politique internationale des transports de la Faculté des sciences politiques de l'Université de Tokyo pour les recherches qu'elle a effectuées et le soutien qu'elle lui a apporté. Il remercie également MM. Kazuki Iwakami pour sa contribution à l'analyse des données et Tae Hoon Oum pour sa participation enthousiaste à cette analyse des transports interurbains.

NOTES

1. Le Ministère des Transports a fusionné en janvier 2001 avec le Ministère des Travaux Publics et d'autres Ministères pour devenir le Ministère du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme.
2. Les chiffres 45 et 47 représentent les années 1970 et 1972 dans l'ère Showa.
3. Cette compagnie, rebaptisée Japan Air Systems (JAS) en 1998, a fusionné avec JAL en 2002 pour constituer l'actuelle Japan Airlines Inc.
4. A ces deux aéroports de première catégorie s'ajoutent encore trois autres : le nouvel aéroport international de Tokyo, appelé Aéroport international de Narita, est entièrement public, tandis que l'aéroport international de Kansai ouvert en 1994 et l'aéroport international de Chubu ouvert en 2005 sont le fruit de PPP.
5. Abrégé ci-après en « Shinkansen ».
6. En l'absence de statistiques répartissant la population active par région, les chiffres de 2005 seront censés rester inchangés.
7. Les coûts du Super-express Maglev Tokyo–Osaka ont été estimés sur la base de la longueur de la ligne, parce qu'il n'y avait pas encore de chiffres officiels en juillet 2009. Les avantages nets et les coûts nets sont des valeurs actualisées en 2025 calculées sur la base d'un taux de dépréciation de 4 pour cent l'an.

7. BIBLIOGRAPHIE

- IATA and Inter VISTAS Consulting Inc. (2007) : « *Estimating Air Travel Demand Elasticities, Final Report* », Association internationale du transport aérien (IATA).
- Ohashi, Tadahiro, F. Takuma, K. Tsuchiya, K. Yamaguchi (2003) : « *Effects of Deregulation and Airport Development on Japanese Domestic Air-passenger Market* », Applied Regional Science Conference (en japonais).
- Oum, Tae Hoon, W.G. Waters et Jong-Say Yong (1990) : « *A Survey of recent estimates of price elasticities of demand for transport* », WP n° 359, Banque Mondiale.
- Oum, Tae Hoon, W.G. Waters et Jong-Say Yong (1992) : « *Concepts of Price Elasticities of Transport Demand and Recent Empirical Estimates, An Interpretive Survey* », Journal of Transport Economics and Policy, vol. 26, n° 2.
- Yamaguchi, Katsuhiro (2005) : « *Policy Impact Analysis and Performance Management in Air Transport Policy* », Japan Society of Transportation Economics (en japonais).
- Watanabe, Kenta, H. Nomiya, T. Yamashita et K. Yamamoto (2009) : « *Estimate of externalities of Chuo Maglev Super-express* », Policy Research Paper GraSSP-P-09-001 et ITPU-P-09-001, Faculté des sciences politiques de l'Université de Tokyo (en japonais).

ANNEXE

ESTIMATION DES PARAMETRES POUR LES MODELES DE DISTRIBUTION DES DEPLACEMENTS ET DE REPARTITION MODALE

1. Modèle de distribution des déplacements

1.1. *Modèle à estimer*

Le modèle de distribution se présente sous la forme suivante. Pour dériver la fonction à estimer, une destination de référence J_i est imputée à chaque i . La probabilité relative de l'orientation des déplacements vers j ($i \neq j$) plutôt que vers la destination de référence J_i , en faisant abstraction des paires OD entre lesquelles il n'y a pas de déplacements, sont groupés pour constituer des échantillons.

$$\begin{aligned} \ln \left(\frac{P_{ij}^C}{P_{iJ_i}^C} \right) &= V_{ij} - V_{iJ_i} = \theta_1^D q_{ij} + \theta_2^D \ln S_j - \theta_1^D q_{ij} - \theta_2^D \ln S_{J_i} \\ &= \theta_1^D (q_{ij} - q_{iJ_i}) + \theta_2^D (\ln S_j - \ln S_{J_i}) \\ &= \theta_1^D (q_{ij} - q_{iJ_i}) + \theta_2^D \left(\ln \frac{S_j}{S_{J_i}} \right) \end{aligned}$$

J_i : destination quelconque de référence au départ de la zone i ($i \neq j$)

S_j : ensemble des déplacements à destination de la zone j

q_{ij} : somme logarithmique des déplacements entre les zones i et j .

Le modèle de distribution est estimé par la méthode des moindres carrés pondérés

$$Y = \left\{ \ln \left(\frac{P_{ij}^c}{P_{i|i}^c} \right) \right\} = \theta_1^D (q_{ij} - q_{i|i}) + \theta_2^D \ln \left(\frac{S_j}{S_{j_i}} \right)$$

$$\sqrt{w_i} Y = \sqrt{w_i} \left\{ \ln \left(\frac{P_{ij}^c}{P_{i|i}^c} \right) \right\} = \sqrt{w_i} \theta_1^D (q_{ij} - q_{i|i}) + \sqrt{w_i} \theta_2^D \ln \left(\frac{S_j}{S_{j_i}} \right)$$

$\sqrt{w_i}$: racine carrée de la génération de déplacements au départ de la zone i .

1.2. Description des données

Tableau 10. Liste des données

	Paramètre	Définition des données	Source des données
Données zonales	Population	Population de la zone	Recensement national (2005, MHLW)
	Emploi	Population active de la zone	Recensement national (2005, MHLW)
	Facteur d'attraction des déplacements	Nombre total de déplacements à destination de la zone	Enquête sur les déplacements interrégionaux (2005, MLIT)
Données interzonales	Nombre de déplacements OD	Nombre de déplacements interzonaux ventilés par mode et objet du déplacement	Enquête sur les déplacements interrégionaux (2005, MLIT)
	Durée du déplacement OD	Durée des déplacements interzonaux	Système national d'analyse intégrée des transports (2008, MLIT)
	Coût du déplacement OD	Prix des déplacements interzonaux (y compris entrée et sortie)	Enquête sur les passagers aériens (2005, MLIT), horaires de JTB (2005, JTB)

1.3. Résultat de l'estimation des paramètres

Les résultats de l'estimation des paramètres figurent dans le Tableau 11. Les paramètres sont statistiquement significatifs et R^2 se situe à un niveau acceptable. Le coût généralisé (θ_1^D) est négatif comme il fallait s'y attendre.

Tableau 11. Paramètres de la distribution des déplacements

Paramètres de la distribution des déplacements	Affaires		Tourisme		Motifs personnels	
	Paramètre	t de Student	Paramètre	t de Student	Paramètre	t de Student
Coût généralisé (θ_1^D)	-0.294	-97.688	-0.286	-59.157	-0.361	-89.392
Attraction des déplacements (θ_2^D)	0.765	122.545	0.703	75.642	0.551	66.505
R ²	0.684		0.531		0.642	
Taille de l'échantillon	11,334		7194		7732	

2. Modèle de répartition modale

2.1. *Modèle à estimer*

La probabilité du choix de l'avion plutôt que du train peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$\frac{P_{ij}^A}{P_{ij}^R} = \frac{\frac{\exp(V_{ij}^A)}{\exp(V_{ij}^A) + \exp(V_{ij}^R)}}{\frac{\exp(V_{ij}^R)}{\exp(V_{ij}^A) + \exp(V_{ij}^R)}} = \frac{\exp(V_{ij}^A)}{\exp(V_{ij}^R)}$$

$$\ln\left(\frac{P_{ij}^A}{P_{ij}^R}\right) = \ln\left(\frac{P_{ij}^A}{1 - P_{ij}^A}\right) = V_{ij}^A - V_{ij}^R = \theta_1^S (q_{ij}^A - q_{ij}^R) + \theta_2^S$$

Les paires OD à fort trafic reçoivent un indice de pondération plus élevé. L'indice est donné par la racine carrée du nombre total de déplacements entre les zones i et j (w_{ij}). θ_1^S doit être négatif, parce qu'un coût généralisé plus élevé rend le choix du mode moins attractif. Les paramètres θ_1^S et θ_2^S sont estimés par la méthode des moindres carrés pondérés.

$$\sqrt{w_{ij}} \ln \left(\frac{P_{ij}^A}{1 - P_{ij}^A} \right) = \sqrt{w_{ij}} \theta_1^S (q_{ij}^A - q_{ij}^R) + \sqrt{w_{ij}} \theta_2^S$$

w_{ij} : nombre total de déplacements entre les zones i et j

$$q_{ij} = \frac{1}{\theta_1^S} \ln \left[\exp(\theta_1^S q_{ij}^A + \theta_2^S) + \exp(\theta_1^S q_{ij}^R) \right]$$

$$q_{ij}^A = p_{ij}^A + w t_{ij}^A, \quad q_{ij}^R = p_{ij}^R + w t_{ij}^R$$

q_{ij}^A : coût généralisé du transport aérien

q_{ij}^R : coût généralisé du transport par chemin de fer

q_{ij} : coût généralisé attendu du déplacement entre les zones i et j ,

w : valeur du temps

2.2. Description des données

En plus des données utilisées pour estimer le modèle de distribution des déplacements, la durée des déplacements est monétarisée en donnant au temps la valeur suivante tirée d'ouvrages existants. Ce paramètre est utilisé par MLIT dans son modèle de la demande de transport aérien pour planifier le développement des aéroports japonais et est estimé sur la base de données désagrégées relatives aux passagers aériens.

Tableau 12. Valeur du temps

	Affaires	Tourisme	Motifs personnels
Valeur du temps en yens/heure	4 193	3 642	3 133
Valeur du temps en yens/minute	69.88	60.70	52.22

2.3. Résultat de l'estimation des paramètres

Les résultats de l'estimation des paramètres figurent dans le Tableau 13. Les paramètres sont statistiquement significatifs. θ_1^S est négatif comme il fallait s'y attendre.

Tableau 13. Paramètres de la répartition modale

Paramètres de la répartition modale	Affaires		Tourisme		Motifs personnels	
	Paramètre	t de Student	Paramètre	t de Student	Paramètre	t de Student
Coût du transport (θ1)	-1.433	-48.688	-0.846	-13.028	-1.113	-20.495
Constante (θ2)	-1.479	-27.462	-0.932	-11.259	-1.449	-24.511
R ²	0.699		0.303		0.487	
Taille de l'échantillon	1,670		588		955	

3. Élasticité-prix pour le modèle de génération des déplacements

Le Tableau 14 dresse une liste des grandes études de l'élasticité de la demande qui ont été consultées.

Tableau 14. Études de l'élasticité de la demande

		Loisirs	Affaires
(i)	Transport aérien (transversal)	1.52	1.15
	Transport interurbain par chemin de fer (transversal)	1.40	
(ii)	Transport aérien	1.10 – 2.70	0.40 – 1.60
	Transport interurbain par chemin de fer	1.40 – 1.60	0.60 – 0.70
(iii)	Transport aérien (court)	1.52	0.7

Sources : (i) : Oum, Waters et Yon (1992).
(ii) : Oum, Waters et Yon (199).
(iii) : IATA et Inter VISTAS Consulting Inc. (2007).

4. Élasticité par rapport aux revenus pour le modèle de génération des déplacements

Le Tableau 15 dresse une liste des grandes études de l'élasticité du marché aérien japonais par rapport aux revenus qui ont été consultées.

Tableau 15. **Élasticité par rapport aux revenus**

		Élasticité par rapport aux revenus
(i)	Ohashi <i>et al.</i> (2003)	1.50
(ii)	Yamaguchi (2005)	1.44
(iii)	Murakami <i>et al.</i> (2006)	1.78