INSTITUT D'ECONOMIE INDUSTRIELLE

IDEI Report # 18

Transport

December 2010

Elasticités de la demande de transport ferroviaire: définitions et mesures

Elasticités de la demande de transport ferroviaire :

Définitions et mesures

Marc Ivaldi
Toulouse School of Economics

Jérôme Pouyet
Paris School of Economics

Miguel Urdanoz
Toulouse Business School

6 Décembre 2010

Sommaire

AVANT-PROPOS 3

1. INTRODUCTION 4

2. LE CONCEPT D'ELASTICITE DE LA DEMANDE 4

2.1. La notion de fonction de demande 4

2.1.1. Observabilité de la demande 4

2.1.2. Propriétés de la fonction de demande 5

2.2. Changement et déplacement de la demande 5

2.2.1. Déplacement le long de la courbe de demande 7

2.2.2. Déplacement de la courbe de demande 7

2.2.3. Effet de revenu et effet de substitution 7

2.3. Définition des élasticités de la demande 8

2.3.1. Définition 8

2.3.2. Propriété 9

2.3.3. Elasticité-prix croisée 9

2.3.4. Elasticité-revenu 10

2.3.5. Relation entre les élasticités 10

3. MESURER LES ELASTICITES 11

3.1. Quelques remarques générales 11

3.1.1. Approximation linéaire 11

3.1.2. Prix moyen et tarification des services de transport 12

3.1.3. Court terme – long terme 12

3.1.4. Coupes instantanées ou séries temporelles 13

3.2. Les systèmes de demande 13

3.2.1. Le modèle de demande basé sur une fonction d'utilité de Cobb-Douglas 14

3.2.2. Un modèle de demande basé sur une fonction d'utilité indirecte 14

4.1. Les élasticité-prix en France 15

4.2. Les élasticité-prix en Europe 16

4.3. Illustration de quelques problèmes d'estimation des élasticités 17

5. **BIBLIOGRAPHIE** 19

Avant-propos

Faut-il augmenter ou baisser les prix pour améliorer la rentabilité d'un grand réseau de transport ? La réponse à cette question n'est pas entièrement contenue dans la loi de la demande qui stipule une relation inverse entre la quantité et le prix. Elle dépend d'autres facteurs. Quand une baisse de prix n'entraine aucune augmentation de revenu, il se peut que ce soit tout simplement parce que les consommateurs sont déterminés à ne pas dépenser au-delà d'un certain seuil. Dans ce cas le degré de réactivité des consommateurs aux changements de prix joue un rôle essentiel. D'où l'importance de mesurer les élasticités de la demande qui étalonnent cette réactivité.

Nous présentons dans ce texte les différentes facettes de la notion d'élasticité à la lumière des concepts de la théorie microéconomique et nous discutons ensuite de plusieurs aspects portant sur la mesure quantitative des élasticités. Nous rappelons aussi les valeurs des élasticités obtenues pour la demande de transport dans la littérature économique et nous illustrons, sur la base de données fournies par la SNCF, quelques difficultés pratiques auxquelles fait face l'analyste lors de l'estimation des élasticités.

Le message principal de cette note est que les mesures des élasticités de la demande ne sont interprétables qu'en référence notamment au modèle économique qui les définit, aux spécifications fonctionnelles et paramétriques dont elles dérivent et aux types de données utilisées pour les estimer. L'élasticité de la demande n'est pas un paramètre exogène. Bien au contraire, elle résulte de l'interaction des conditions et des paramètres de l'offre et de la demande.

1. INTRODUCTION

Cette note est une synthèse sur le concept d'élasticité de la demande sans prétendre couvrir ce qu'un manuel de microéconomie peut aborder en détails. Elle vise surtout à lister et à illustrer les difficultés que l'analyste peut rencontrer quand il est question de mesurer cet élément clé du fonctionnement des marchés et des systèmes économiques. Ici elle prend la demande de transport ferroviaire comme champ d'application.

2. LE CONCEPT D'ELASTICITE DE LA DEMANDE

La notion d'élasticité de la demande est définie en référence à celle de fonction de demande. Pour éviter toute ambiguïté, nous discutons ici des élasticités de la demande, laissant de côté les concepts d'élasticité de substitution qui entrent dans le cadre de la théorie de la production et des fonctions de coût.

2.1. La notion de fonction de demande

Par définition, la fonction de demande d'un bien de consommation est une relation comportementale qui lie la quantité achetée et/ou consommée par le consommateur de ce bien à sa disposition à payer pour des accroissements de cette quantité. Autrement dit, elle indique ce que le consommateur est prêt à acheter en fonction du prix de ce bien sur le marché, étant donné son revenu et les prix des autres biens de consommation. La fonction de demande donc dépend des préférences du consommateur pour l'ensemble des biens disponibles, des prix de ces biens, et du revenu du consommateur.

Pour chaque niveau de prix, le consommateur détermine la quantité achetée et/ou consommée en cherchant à atteindre un bien-être maximal. On parle alors de fonction de *demande marshallienne*, qui a comme arguments les prix des différents biens, le revenu du consommateur et d'autres éléments liés aux préférences du consommateur. Celui-ci peut aussi déterminer la quantité achetée et/ou consommée en cherchant à minimiser sa dépense tout en conservant son niveau de bien-être. On parle alors de fonction de *demande hicksienne*, qui a comme arguments les prix des différents biens, le niveau de bien-être du consommateur et d'autres éléments liés aux préférences du consommateur. Au point de choix optimal du consommateur, les deux demandes sont bien sûr égales.

Par définition, chaque individu a sa propre fonction de demande. La fonction de demande agrégée résulte de l'agrégation des demandes individuelles et de ce fait dépend de l'hétérogénéité des préférences des individus et de la distribution des revenus.

2.1.1. Observabilité de la demande

Une remarque importante découle de cette définition : la fonction de demande n'est pas observable en général ; à l'équilibre d'un marché on ne peut qu'observer la quantité achetée à un prix donné. Cependant on peut identifier (estimer ou éliciter) la fonction de demande marshallienne en utilisant par exemple des méthodes des sciences du marketing, de la statistique ou de l'économétrie. Parce qu'elle dépend du niveau de bien-être, indicateur qui n'est jamais observable, la fonction de demande hicksienne ne peut être reconstruite qu'à partir de la connaissance de la demande marshallienne.

Insistons ici sur le fait que la demande marshallienne d'un bien ne dépend pas que du prix de ce bien : elle est aussi fonction des prix des autres biens que ce soit des biens substituables ou complémentaires, du revenu du consommateur-acheteur et de la structure des préférences de ce consommateur (c'est-à-dire de son inclination à préférer tel produit plutôt que tel autre, à préférer consommer aujourd'hui plutôt qu'hier, etc. …, ce qui dépend de différents facteurs liés à la culture, à l'éducation, à l'environnement institutionnel, géographique, politique, etc.).

2.1.2. Propriétés de la fonction de demande

La fonction satisfait trois propriétés remarquables. Premièrement, selon la « loi de la demande », la quantité demandée d'un bien s'accroît quand le prix baisse et vice versa, toutes choses égales par ailleurs. Les exceptions à cette loi sont bien connues. D'une part elles concernent les biens caractérisés par Giffen comme étant ces biens tellement essentiels à l'alimentation que la réponse des consommateurs à une augmentation de leurs prix est de les substituer à des biens moins essentiels en raison de d'un revenu faible. L'exemple classique est le pain pour des familles pauvres. D'autre part, les exceptions à la loi de la demande portent sur ces biens qui, selon Veblen, permettent de véhiculer un comportement de consommation ostentatoire ou de marquer une représentation sociale. Les produits de luxe se rangent dans cette catégorie. Ces exceptions montrent la complexité des interactions entre les différentes variables qui structurent les fonctions de demande. Ainsi des effets dynamiques liés aux anticipations peuvent conduire à une augmentation apparente de la quantité demandée instantanée alors que le prix augmente, comme on peut l'observer sur les marchés financiers, parce que la demande s'adaptera plus tard.

Deuxièmement, la demande est en générale une fonction croissante du revenu, sauf pour les biens dits inférieurs. Les services de bus interurbain à longue distance sont un exemple de bien inférieur. Ce mode de transport est moins onéreux que le ferroviaire ou l'aérien, mais il est très consommateur de temps. Face à des contraintes financières fortes, utiliser le bus est acceptable, mais dès qu'elles sont relâchées et que les disponibilités en temps se réduisent, alors le voyageur choisit des modes de transport plus rapides. Pour tous les autres biens – les biens normaux – les courbes d'Engel qui expriment la relation entre prix et revenu sont croissantes.

Troisièmement, la demande d'un bien n'est pas soumise au phénomène d'illusion monétaire. Autrement dit, une modification de l'unité monétaire n'affecte pas les quantités demandées. Cette propriété a des conséquences sur la spécification paramétrique des fonctions de demande.

2.2. Changement et déplacement de la demande

La figure 1 donne une représentation de la fonction de demande, qu'on appelle souvent courbe de demande en raison de sa forme. Elle met en évidence deux types de changement de la demande : un déplacement vers la droite correspondant au déplacement de la courbe de D_1 en D_2 (ou du point A_1 au point B_1) ; un mouvement le long de la courbe de demande correspondant au passage du point A_1 au point A_2. Commentons ces modifications de la demande.

Figure 1 : Exemple d'une fonction de demande

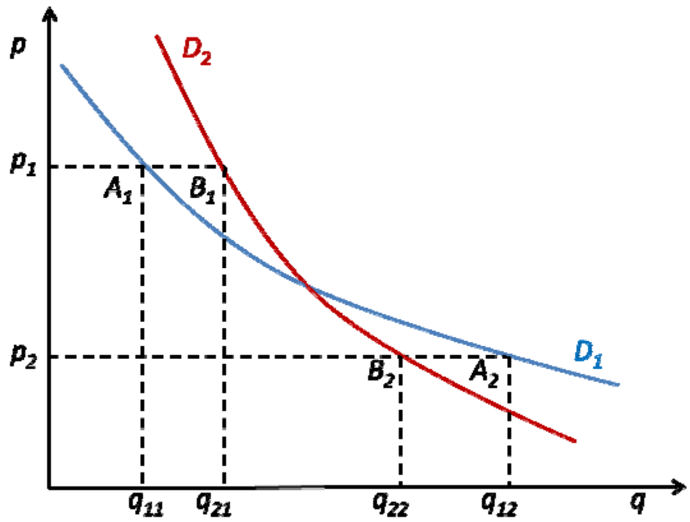


Figure 2 : Effet de la pente sur les déplacements le long de la courbe de demande

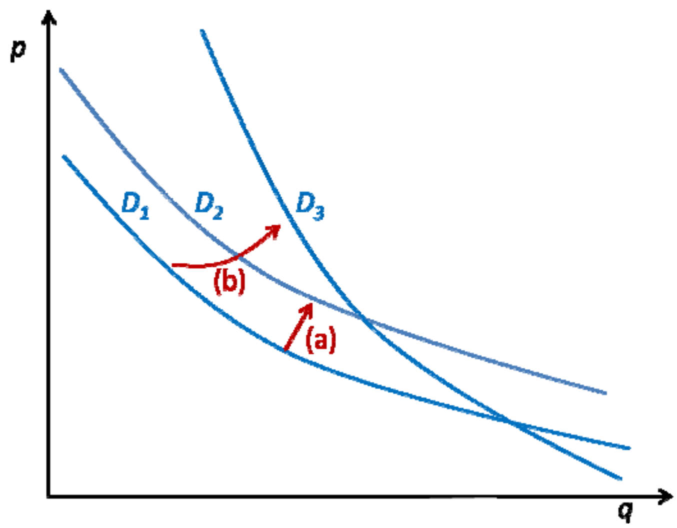


Figure 3 : Déplacements de la fonction de demande

2.2.1. Déplacement le long de la courbe de demande

Ce mouvement n'apparaît qu'en raison d'un changement dans le prix du bien, toutes choses égales par ailleurs. Il s'accompagne d'un changement de la quantité demandée comme indiqué sur les figures 1 et 2 par les déplacements du point A_1 au point A_2 sur la courbe de demande D_1.

Il apparaît aisément que le changement de prix s'accompagne d'un changement de quantités plus ou moins grands, selon la pente de la courbe de demande comme illustré par la figure 2 : Pour un même changement de prix de p_1 à p_2, la variation de quantité est plus forte avec la courbe de demande D_1 qu'avec la courbe D_2. Cela tient à la *sensibilité de la quantité au prix*, qui est donnée par la plus ou moins grande pente ou courbure de la fonction de demande.

2.2.2. Déplacement de la courbe de demande

Plusieurs facteurs externes peuvent entraîner un déplacement de la fonction de demande : variation du revenu, changement des prix des autres biens, modifications des préférences dues à des modifications climatiques, culturelles, religieuses, politiques.

Concernant le revenu, toute augmentation (réduction) du revenu va se traduire par un déplacement de la fonction de demande vers la droite (gauche), ce qui veut dire que, quel que soit le prix du bien, le consommateur peut en consommer plus (moins), à condition qu'il s'agisse d'un bien normal. Pour un bien inférieur, toute réduction du revenu se traduit par une augmentation de la consommation du bien quel que soit son prix.

Concernant les changements de prix des autres biens, il faut distinguer entre biens substituables et biens complémentaires. La hausse (baisse) du prix d'un bien substituable au bien en question entraîne le déplacement de la fonction de demande de ce dernier bien vers la droite (gauche). Intuitivement, si deux biens sont des substituts, cela signifie que la consommation de l'un donne la même utilité que celle de l'autre, toutes choses égales par ailleurs. En revanche, si les deux biens sont complémentaires, la consommation de l'un est indispensable ou indissociable de la consommation de l'autre. Dans ce cas, la hausse (baisse) du prix d'un bien complémentaire au bien en question entraîne le déplacement de la fonction de demande de ce dernier bien vers la gauche (droite). En fait il est possible d'expliquer plus précisément les déplacements de la demande de la façon suivante.

2.2.3. Effet de revenu et effet de substitution

Un déplacement de la courbe de demande n'est pas toujours homothétique comme pourrait l'indiquer la figure 1. Il peut s'accompagner d'une modification de la pente ou de la courbure de la fonction de demande, ce qui modifie plus ou moins fortement l'effet des facteurs externes qui peuvent impacter la demande, comme la figure 3 l'illustre.

De fait, une variation du prix du produit demandé – à la hausse par exemple – a deux effets. D'une part il réduit le pouvoir d'achat du consommateur, l'incitant à diminuer la consommation de tous les biens : c'est l'*effet revenu*. Il se traduit par un déplacement de la courbe de demande.

Toutefois, à pouvoir d'achat donné, entendu comme le panier de biens qui octroie le même niveau de bien-être, ou pour un revenu hypothétique permettant de conserver son pouvoir d'achat après le changement de prix, le consommateur va substituer les autres produits au produit plus onéreux, ce qui va entraîner un mouvement le long de la courbe de demande : c'est l'*effet de substitution*.

Ces deux effets se combinent et leur intensité en termes de variations des quantités dues au changement de prix - va dépendre de la pente ou de la courbure de la demande. Cette intensité est caractérisée par les élasticités de la demande.

2.3. Définition des élasticités de la demande

La magnitude de variations de quantités liées aux déplacements de la demande est donc liée à la sensibilité de la demande au prix. De là découle le *concept d'élasticité de la demande*.

2.3.1. Définition

L'élasticité de la demande est le facteur de proportion entre les variations relatives de la quantité demandée ou consommée et celles du prix. Autrement, si l'élasticité de la demande prend la valeur ε - on dit alors que l'élasticité est de ε - alors la variation en pourcentage de la quantité du bien est de ε% quand la variation relative du prix du bien est de 1%.

En pratique, quand on parle d'élasticité de la demande par rapport au prix, on se réfère implicitement à l'*élasticité-prix directe* de la demande marshallienne, dont on donne la définition mathématique dans l'encart 1.

En principe, cette grandeur est négative, mais il est d'usage de donner sa valeur absolue, le signe négatif étant implicite. Les économètres en revanche utilisent la valeur de l'élasticité avec son signe.

Encart 1 : Définition de l'élasticité-prix directe

Expression mathématique

Si la fonction de demande (marshallienne) du bien *i* s'écrit : $q_i = D_i\left(p_i, p_{-i}, R\right)$ où p_i est le prix du bien i, p_{-i} est le vecteur des prix des autres biens et *R* est le revenu du consommateur, l'élasticité de la demande est obtenue à partir de la dérivée partielle de la fonction de demande par

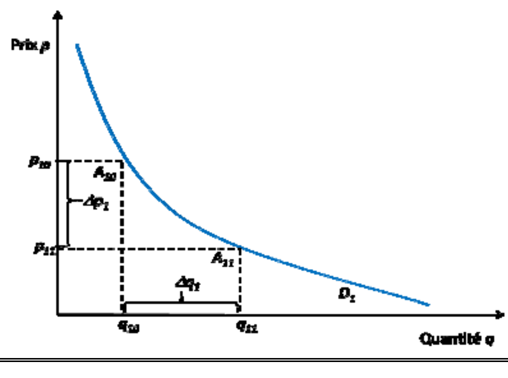
$$\varepsilon_{ii}\left(p,R\right) = \left(\frac{\partial D_i\left(p,R\right)}{\partial p_i}\right)\frac{p_i}{q_i},$$

où $p = \left(p_i, p_{-i}\right)$ est le vecteur de tous les prix affectant la demande du bien *i*.

Approximation

En se basant sur la figure ci-contre, l'élasticité est approximée par le rapport :

$$\varepsilon_{11} = \frac{\dfrac{\Delta q_1}{q_{10}}}{\dfrac{\Delta p1}{p_{10}}} = \frac{\Delta q_1}{\Delta p_1}\frac{p_{10}}{q_{10}}.$$

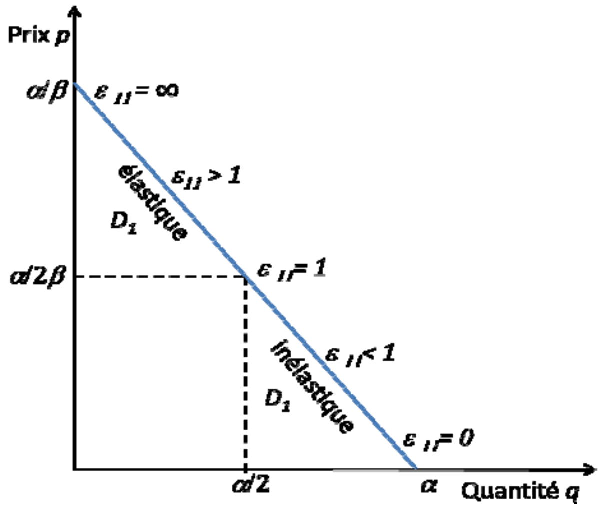


2.3.2. *Propriété*

L'élasticité de la demande est fonction de toutes les variables qui impactent la demande. Elle n'est donc pas une constante puisqu'elle se modifie avec les déplacements de - ou les mouvements le long de - la courbe de demande. Si l'élasticité est faible, c'est-à-dire si la quantité varie peu en réponse à la variation du prix, on dit que la demande est *inélastique*. Dans le cas contraire, elle est *élastique*. L'exemple présenté dans l'encart 2 illustre cette propriété.

Encart 2 : Valeurs de l'élasticité-prix directe d'une demande linéaire

Soit la demande linéaire (ou plus précisément une approximation linéaire d'une fonction de demande) du bien 1 (sans perte de généralité) : $q_1 = \alpha - \beta p_1$. Son élasticité-prix est donnée par l'expression : $\varepsilon_{11} = \beta \frac{p_1}{q_1}$. Les valeurs prises par cette élasticité sont indiquées sur la figure ci-dessous.



2.3.3. *Elasticité-prix croisée*

Comme la demande d'un bien dépend aussi des prix des autres biens, on peut aussi s'intéresser à la sensibilité de la demande de ce bien par rapport au prix d'un autre bien. Elle est donnée par l'*élasticité-prix croisée* qui est le rapport de la variation relative de la quantité demandée du bien à la variation relative du prix de l'autre bien. Sa définition mathématique est donnée dans l'encart 3.

Encart 3 : Définition de l'élasticité-prix croisée

L'élasticité-prix croisée de la demande de bien *i* au prix du bien *j* est obtenue à partir de la dérivée partielle de la fonction de demande par

$$\varepsilon_{ij}(p,R) = \left(\frac{\partial D_i(p,R)}{\partial p_j} \right) \frac{p_j}{q_i}.$$

2.3.4. Elasticité-revenu

La sensibilité de la demande d'un bien par rapport au revenu est donnée par l'*élasticité-revenu* qui est le rapport de la variation relative de la quantité demandée du bien à la variation relative du revenu. Sa définition mathématique est donnée dans l'encart 4.

Encart 4 : Définition de l'élasticité-revenu

L'élasticité-revenu de la demande de bien *i* au revenu *R* est obtenue à partir de la dérivée partielle de la fonction de demande par $$\varepsilon_{iR}(p,R)=\left(\frac{\partial D_i(p,R)}{\partial R}\right)\frac{R}{q_i}.$$

2.3.5. Relation entre les élasticités

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la variation du prix d'un bien entraîne un effet de substitution et un effet revenu. On peut mettre en évidence ces deux effets en utilisant les concepts de demande marshallienne et hicksienne.

Puisque la demande hicksienne indique la quantité du bien demandée au prix du marché pour un certain niveau de bien-être donné, sa sensibilité aux variations de prix permet de mesurer les variations de quantités en l'absence d'effet de revenu et donc ne rend compte que de l'effet de substitution, alors que la sensibilité de la demande marshallienne aux variations de prix combine les deux effets. Dans le cadre de cette note, nous prendrons ce résultat – présenté dans l'encart 5 - comme donné. Il permet de préciser toutefois la définition des biens substituts et compléments.

Pour juger si deux biens sont substituts, il faut connaître le signe de la variation de quantité demandée de l'un en réponse à une augmentation du prix de l'autre, et ce en l'<u>absence</u> d'effet revenu. Seule la fonction de demande hicksienne permet alors de déterminer si deux biens sont substituts ou compléments et non la fonction de demande marshallienne, comme précisé dans l'encart 6.

Encart 5 : Relation entre les élasticités

Soit $\eta_{ii}(p,U)=\left(\frac{\partial D_i(p,U)}{\partial p_i}\right)\frac{p_i}{q_i}$ l'élasticité-prix directe de la demande hicksienne du bien *i,* notée $D_i(p,U)$. Rappelons que : $q_i=D_i(p,R)=D_i(p,U)$. On montre que : $$\varepsilon_{ii}(p,R)=\eta_{ii}(p,U)-w_i\varepsilon_{iR}(p,R), \quad \text{(e5.1)}$$ où w_i est la part de la dépense en bien *i* dans le revenu. Autrement dit, l'élasticité-prix directe est égale à l'élasticité-prix directe à pouvoir d'achat constant moins le produit de l'élasticité revenu par la part du bien i dans la dépense totale.   De même, si $\eta_{ij}(p,U)=\left(\frac{\partial D_i(p,U)}{\partial p_j}\right)\frac{p_j}{q_i}$ est l'élasticité-prix croisée de la demande hicksienne du bien *i* au prix du bien *j*, on montre que : $$\varepsilon_{ij}(p,R)=\eta_{ij}(p,U)-w_i\varepsilon_{iR}(p,R). \quad \text{(e5.2)}$$

Encart 6 : Définition des biens substituts et compléments

Deux biens sont des substituts (compléments) si $\eta_{ij}(p,U)<0$ ($\eta_{ij}(p,U)>0$ respectivement), i.e., si l'élasticité-prix croisée de la demande hicksienne est négative (positive).
Remarque : D'après l'équation (e5.2) de l'encart 5, il est possible d'obtenir $\eta_{ij}(p,U)>0$ en mesurant $\varepsilon_{ij}(p,R)<0$ et

3. Mesurer les elasticites

Connaître les valeurs que prennent les élasticités de la demande et savoir comment elles sont modifiées quand changent les paramètres et les variables qui les affectent est essentiel pour comprendre le fonctionnement des marchés et prévoir les comportements des acteurs. La question de la mesure des élasticités a donc fait l'objet d'un nombre incalculable de contributions dans différents domaines. Ainsi, les études de marketing ont recours à différentes techniques pour évaluer la sensibilité de la demande comme l'analyse conjointe ou discriminante ou les tests de marché. Ici nous nous référons exclusivement à l'économétrie de la demande qui combine modèles microéconomiques et outils statistiques. La suite de cette note est consacrée à une présentation succincte de cette approche.

3.1. Quelques remarques générales

En s'appuyant sur les définitions des élasticités ci-dessus, deux points au moins méritent d'être soulignés eu égard à la problématique de la mesure des élasticités. D'une part, celle-ci est essentiellement déterminée par les caractéristiques la fonction de demande et va donc fortement dépendre de la spécification choisie pour cette fonction de demande. D'autre part, l'élasticité n'est pas en général une grandeur constante. Nous complétons ces deux aspects par des remarques sur l'utilisation des approximations linéaires de la demande, le choix de mesure des prix, la prise en compte des facteurs dynamiques (ou leur non-prise en compte) et sur l'impact que peut avoir le choix de type de données utilisées pour estimer la fonction de demande.

3.1.1. Approximation linéaire

Il n'est pas rare que la mesure de l'élasticité directe soit obtenue en utilisant une approximation linéaire dans les variables ou dans leur transformation logarithmique, comme :

$$q_i = \alpha - \beta p_i ,$$

ou

$$\log q_i = \alpha - \beta \log p_i .$$

Ces fonctions permettent d'obtenir des approximations locales des fonctions de demande mais ne peuvent pas en général offrir une estimation suffisamment robuste des élasticités, parce qu'elles ne satisfont pas à priori toutes les propriétés des fonctions de demande, comme l'absence d'illusion monétaire par exemple. Nous reviendrons plus loin sur ce point. Nous recommandons à ce point beaucoup de précaution dans l'utilisation de ces approximations. Plus loin nous présentons succinctement des systèmes de demande fondés sur des bases microéconomiques précises et nous illustrons dans la dernière partie de ce texte les écueils que soulèvent les approximations linéaires quand on passe à la phase d'estimation proprement dite.

3.1.2. Prix moyen et tarification des services de transport

Les services de transports ont toujours fait l'objet d'une forte différenciation des prix en fonction de la catégorie, du type de service (première ou deuxième classe, TGV ou RER) ou du moment de l'année ou du jour par exemple. De plus souvent la tarification est non-linéaire puisque il n'est pas rare d'avoir un système d'abonnements donnant droit à un prix par voyage moins élevé.

Pourtant une grande majorité de modèles utilise le prix moyen comme mesure de l'ensemble des services de transport. Or les travaux récents en économétrie de la demande et des marchés à produits différenciés montrent que ne pas tenir compte de la non-linéarité des prix et de la différenciation des produits entraîne non seulement un appauvrissement évident de l'analyse mais conduit à des prédictions incorrectes. Sans rentrer dans les détails de ces travaux, on peut tout de même aisément montrer – comme dans l'encart 7 ci-dessous - que l'utilisation d'un prix moyen est source d'un problème d'endogénéité qui, si on ne le contrôle pas, peut perturber fortement la qualité et la significativité des estimateurs des élasticités.

Encart 7 : Impact de l'utilisation d'un prix moyen

Supposons que *I* services de transport soient disponibles. Soit p_i le prix du service *i* et q_i le nombre de voyageurs l'utilisant. Soit $q = \sum_{i=1}^{I} q_i$ le nombre total de voyageurs. On définit le prix moyen du transport comme : $p = \sum_{i=1}^{I} p_i q_i \Big/ q$. Donc le prix moyen est une fonction de la quantité totale q .

Dans ce cas, si on estime le modèle linéaire

$$\log q = \alpha - \beta \log p + u ,$$

alors la variable explicative – i.e., le prix – est corrélé avec le terme d'erreur – i.e., la variable aléatoire *u*. Sans traitement particulier comme l'utilisation de variables instrumentales, l'estimation par la méthode des moindres carrés ordinaires conduirait à des estimations biaisées.

3.1.3. Court terme – long terme

Sans entrer dans une présentation approfondie de la dynamique de la demande, il est toutefois important de souligner ici que la prise en compte des facteurs dynamiques (comme le stockage, les mécanismes d'apprentissage, les anticipations) peut affecter la mesure des élasticités. Ainsi, comme il est expliqué dans l'encart 8, l'élasticité de long terme qui donne le rapport des variations de quantités à une variation non-transitoire des prix est en général plus élevée que l'élasticité de court terme qui permet de mesurer la variation des quantités suite à une variation instantanée et transitoire des prix.

Cette remarque met de nouveau l'accent sur l'importance de la spécification du modèle de demande et souligne en creux que l'effet que peut avoir l'absence d'un élément affectant la demande. En effet cette remarque nous dit aussi que, si on oublie les aspects dynamiques de la demande, on risque de biaiser les valeurs estimées des élasticités.

Encart 8 : Elasticités de court terme et de long terme

Considérons la fonction de demande :

$$\log q_t = \alpha + \beta \log q_{t-1} + \gamma \log p_t .$$

Cette spécification indique que la demande à la période *t* est liée à la consommation en *t*-1, ceci pour indiquer un phénomène de persistance ou d'adaptation de la consommation.
L'élasticité de court terme est donnée par

$$\gamma = \frac{\partial \log q_t}{\partial \log p_t} .$$

L'élasticité de long terme est obtenue en considérant que la consommation a atteint un régime stationnaire et donc que $q_t = q_{t-1} = q \ \forall t$ et $p_t = p \ \forall t$. Elle est donc obtenue par :

$$\frac{\partial \log q}{\partial \log p} = \frac{\gamma}{1-\beta} .$$

Comme la stationnarité implique que $\beta < 1$, alors l'élasticité de long terme ($\gamma / (1-\beta)$) est supérieure à l'élasticité de court terme (γ).

3.1.4. Coupes instantanées ou séries temporelles

Compte tenu de ce qui vient d'être dit sur la dynamique, il n'est pas inutile ici de souligner les différences que l'on peut constater entre les estimations des élasticités de la demande quand on dispose de données en coupe instantanées ou en séries temporelles.

Identifier des élasticités en utilisant une coupe instantanée revient à utiliser les choix différents d'individus différents pour reconstruire ce qu'un individu représentatif aurait fait dans les différentes situations correspondantes. En d'autres termes, en observant ce qu'un individu de 20 ans et un de 40 ans décident en face du même prix, on considère qu'on peut comprendre comment un même individu aurait modifié sa décision quand les conditions passent de celles de l'individu de 20 ans à celles de l'individu de 40 ans. Ainsi on observe des adaptations de long terme dans le sens où on admet que passer des conditions à l'âge de 20 ans à celles à l'âge de 40 ans est une bonne approximation des changements auxquels fait face un individu sur le long terme. Du coup les élasticités qu'on peut identifier dans ce cas devraient être considérées comme des élasticités de long terme.

En revanche, quand on utilise des séries temporelles, on compare les changements de choix d'un même individu représentatif entre deux dates successives. C'est pourquoi les élasticités qu'on peut identifier dans ce cas devraient être considérées comme des élasticités de court terme.

La conclusion est que les élasticités estimées sur la base de coupes instantanées devraient être plus élevées que celles estimées sur séries temporelles.

3.2. Les systèmes de demande

L'économétrie de la demande est un vaste champ dont il est difficile de présenter tous les aspects dans le cadre de cette note. Nous allons néanmoins présenter deux modèles de demande les plus emblématiques du domaine après avoir rappelé sur un exemple simple le processus de construction paramétrique d'une fonction de demande. Le lecteur pressé pourra s'épargner cette section essentiellement technique.

3.2.1. *Le modèle de demande basé sur une fonction d'utilité de Cobb-Douglas*

Cette forme paramétrique nous permet d'illustrer très sommairement les contraintes paramétriques que la théorie microéconomique impose. Dans ce cas l'élasticité-prix directe est égale à un. Cet exemple permet aussi de montrer en quoi les approximations linéaires sont difficilement interprétables. Si on estime une approximation sous forme logarithmique du type $\log q = \alpha - \beta \log p + u$ et si la valeur estimée du paramètre β n'est pas égale à un, c'est soit que les préférences du consommateur ne correspondent pas au modèle Cobb-Douglas, soit que le modèle n'est pas estimé correctement parce qu'on a oublié d'introduire le revenu, le prix des autres biens ou d'autres facteurs comme les anticipations.

Encart 9 : Modèle de Cobb-Douglas

Considérons le cas d'un consommateur qui décide d'un panier de biens 1 et 2. Sa fonction d'utilité est spécifiée comme une fonction de Cobb-Douglas et s'écrit :

$$U(q_1, q_2) = q_1^{\alpha} q_2^{\beta}.$$

Le consommateur détermine les quantités à acheter des deux biens pour maximiser son utilité tout en satisfaisant sa contrainte budgétaire : $p_1 q_1 + p_2 q_2 = R$. Son choix optimal est donné par les fonctions de demande marshalliennes :

$$q_1 = D_1(p, R) = \frac{\alpha R}{(\alpha + \beta) p_1} \quad \text{and} \quad q_2 = D_2(p, R) = \frac{\beta R}{(\alpha + \beta) p_2}.$$

Si on passe en forme logarithmique, on a :

$$\log q_1 = \log\left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta}\right) + \log R - \log p_1 \quad \text{and} \quad \log q_2 = \log\left(\frac{\beta}{\alpha + \beta}\right) + \log R - \log p_2.$$

L'élasticité-prix directe est donc égale à un.

3.2.2. *Un modèle de demande basé sur une fonction d'utilité indirecte*

Le modèle basé sur une fonction d'utilité de Cobb-Douglas est donc très particulier et très contraint puisqu'il conduit à une valeur constante de l'élasticité. En pratique on peut imaginer que les préférences des consommateurs sont plus flexibles, c'est-à-dire conduisent à des réactions plus ou moins fortes aux changements de prix par rapport à ce qu'impliquerait une élasticité unitaire. Mieux encore, il serait souhaitable que les substitutions entre les différents biens consommés ne soient pas nécessairement identiques ou symétriques, car il est envisageable qu'il soit plus facile de substituer A à B plutôt que A à C.

La théorie de la dualité a permis de se dégager de formes fonctionnelles trop contraintes. Il a été proposé de partir d'une fonction d'utilité indirecte et d'appliquer l'identité de Roy pour dériver les fonctions de demande. Plus précisément, la fonction choisie est une approximation de la vraie fonction d'utilité indirecte, approximation qui a toutes les propriétés d'une fonction indirecte, notamment qu'elle est homogène de degré un et convexe dans les prix. Elle est aussi croissante dans le revenu et décroissante dans les prix. Quoi alors de plus naturel que de prendre une approximation en séries de Taylor à l'ordre 2. Ceci a donné naissance au système de demande *translog* qui est présenté dans l'encart 10 ci-dessous. On note la non-linéarité des fonctions de demandes et la complexité des expressions pour les élasticités. Notons aussi que d'autres approximations ont été proposées, notamment en appliquant les développements en séries de Fourier.

Encart 10 : Modèle translog

Considérons le cas d'un consommateur qui doit décider du niveau de consommation de *N* biens. Ses préférences sont représentées par la fonction d'utilité indirecte translog spécifiée ainsi :

$$\ln V(P,M)=\alpha_0+\sum_{i=1}^{N}\alpha_i \ln\left(\frac{p_i}{M}\right)+\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\alpha_{ij}\ln\left(\frac{p_i}{M}\right)\ln\left(\frac{p_j}{M}\right),$$

où $P=(p_1,p_2,...,p_N)$ est le vecteur des prix et $M=\sum_{i=1}^{N}p_i x_i$ est le revenu ou la dépense totale et x_i est la quantité consommée du bien *i*. Comme une fonction d'utilité indirecte doit satisfaire des propriétés d'homogénéité de degré 1 dans les prix et de symétrie, les paramètres α doivent satisfaire les contraintes suivantes (qui ont été déjà intégrées dans l'équation précédente):

$$\alpha_{km}=\sum_{i=1}^{N}\alpha_{ki}\ \forall k=1,2,...,N;\quad \sum_{i=1}^{N}\alpha_i=-1;\quad \alpha_{ij}=\alpha_{ji}\ \forall i\forall j=1,2,...,N.$$

En appliquant l'identité de Roy, la part de dépense associée au bien i est donnée par l'expression :

$$w_i=\frac{p_i x_i}{M}=\frac{\alpha_i+\sum_{j=1}^{N}\alpha_{ij}\ln\left(\frac{p_j}{M}\right)}{-1+\sum_{j=1}^{N}\alpha_{im}\ln\left(\frac{p_j}{M}\right)}\quad \forall i=1,2,...,N.$$

De là on peut par exemple dériver l'élasticité de la demande marshallienne, soit :

$$\varepsilon_i^x=\frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_i}=-1+\frac{\alpha_{ii}-\alpha_{im}w_i}{\alpha_i+\sum_{j=1}^{N}\alpha_{ij}\ln\left(\frac{p_j}{M}\right)}.$$

4. LES ELASTICITES DU TRANSPORT FERROVIAIRE DANS LA LITTERATURE

4.1. Les élasticité-prix en France

Commençons par présenter les estimations pour les élasticités de la demande de transport en France rassemblées dans le tableau 1. Ces valeurs sont généralement issues de régressions statistiques qui expliquent le nombre de voyageurs par une combinaison linéaire de variables incluant le prix moyen du transport ferroviaire, une mesure du revenu comme le PIB, des indices de prix des autres modes de transport, des variables caractérisant l'évolution des coûts comme un indice du prix du pétrole, et d'indicateurs de la qualité comme le type de service (première ou deuxième classe, TGV, …) ou de localisation (Ile de France, etc). A notre connaissance aucune de ces études n'applique des méthodes à variables instrumentales qui sont requises – comme indiqué dans l'encart 7 - quand on estime des modèles de demande où le prix est une variable endogène, d'autant plus qu'il s'agit de prix moyens.

Pour cette raison, il faut être prudent en tirant des conclusions à partir de ces valeurs estimées des élasticités tout en remarquant qu'elles sont toutes inférieures à un en valeurs absolues. Remarquons que les élasticités de long terme sont plus élevées que celles de court terme et notons qu'on ne dispose d'aucune élasticité-prix croisée.

Tableau 1 : Estimation des élasticités-prix de la demande de transport ferroviaire en France

	Élasticité prix ferroviaire	
	Court terme	Long terme
Document de Travail MEEDDAT (1965-2008)	-0.61 à -0.72	
Bilan a posteriori du TGV Méditerranée (2005)	-0.7 à -1.2	
Cabanne (2003)	-2 -2.2	
Lenormand (2002)	-0.22 -0.55	-0.81 -0.96
Modèle du SES (2002)	-0.74	
Quinet (1998)	-0.7	
Bergel *et al* (1995)	-0.32	-0.82
Blain et Nguyen (1994)	-0.7	
Modèle INRETS (1984-1992)	-0.97	
Rapport Rudeau (début des années 80)	-0.57 - 1ère classe	
	-0.74 - 2ème classe	

4.2. Les élasticité-prix en Europe

Le tableau 2 ci-dessous, extrait de l'étude intitulée "The Economics of Passenger Rail Transport" et publiée par l'Institut D'Economie Industrielle, rassemble les valeurs estimées des élasticités tirées d'un certain nombre d'études réalisées sur données européennes durant ces 25 dernières années. Toutes les études réunies dans le tableau sont basées sur des préférences révélées.

Il faut tout d'abord noter que plusieurs études, comme celles de Behrens et Pels (2009), Ivaldi et Vibes (2008) ou Asteriou *et al.* (2005), utilisent des modèles de comportement où généralement la fonction de demande est spécifiée selon un modèle de type logit. Par ailleurs ces études contrôlent pour les problèmes d'endogénéité des prix en utilisant notamment des méthodes à variables instrumentales.

Ensuite il faut noter qu'il y a une plus grande dispersion des valeurs. Les élasticités de long terme prennent des valeurs plus élevées en valeurs absolues que les élasticités de court terme et sont plus grandes que un. Certains modèles permettent de calculer la vitesse de convergence de la demande aux valeurs de long terme de l'élasticité. Pour Asteriou *et al.*, la durée d'adaptation est de un à deux ans.

Par ailleurs, la plupart des études mettent en avant tous les facteurs qui ont un effet sur les élasticités comme la localisation, l'origine ou la destination du déplacement, ou le type de passager. Ainsi les voyageurs qui se déplacent pour des motifs professionnels ont une demande moins élastique que les voyageurs qui ont des motifs plus ludiques. De même les voyageurs dont les déplacements ont Londres pour origine ou destination ont des élasticités plus faibles.

Tableau 1 : Estimation des élasticités-prix de la demande de transport ferroviaire en Europe

Auteur	Année de publication	Marché	Elasticité-prix	
			Court-terme	Long terme
Behrens et Pels	2009	London-Paris	-0.41 -0.56	
Wardman	2006	UK	-0.99	
Ivaldi et Vibes	2005	Cologne-Berlin	-1.21 -1.29	
Asteriou *et al*.	2005	UK	-0.18 -0.2	-0.7 -1.01
Van Vuuren et Rietveld	2002	Pays-Bas		-1.37
Wardman *et al*.	1996	UK	-0.59	
Goodwin *et al*.	1992	UK	-0.65 -0.79	-1.08
De Rus	1990	Espagne	-0.18 -0.41	
Ben-Akiva et Morikawa	1990	Pays-Bas	-0.15 -1.50	
Owen and Phillips	1987	UK	-0.69	-1.08

4.3. Illustration de quelques problèmes d'estimation des élasticités

A titre d'illustration des difficultés qu'on peut rencontrer quand on estime des élasticités sur données temporelles, nous présentons ici quelques régressions sur les données du transport ferroviaire de voyageurs sur les lignes à grande vitesse, les grandes lignes et les services régionaux (y compris Ile-de-France) sur la période 2001-2008.

Commençons par une simple régression linéaire pour expliquer le logarithme du nombre de voyageurs-kilomètres par le logarithme du prix du transport. Les résultats sont donnés dans le Tableau 3. Résultat étonnant : le paramètre qui indique la pente de la régression est positif, ce qui voudrait dire que la demande augmente quand le prix augmente ! En réalité c'est un problème d'identification, les effets d'offre et de demande ne pouvant être séparés. Il suffit d'ajouter l'effet temps sous la forme d'une tendance pour que le paramètre associé au prix devienne négatif comme on peut le constater dans la colonne 3 du Tableau 3. Mais ce n'est pas la fin de l'histoire. Si l'on instrument la régression pour tenter de bien séparer les effets d'offre et de demande, alors on constate que la pente de la régression passe d'une valeur inférieure à 1 en valeur absolue à une valeur supérieur à 1. Or ce paramètre donne directement la valeur de l'élasticité de la demande agrégée. Autrement dit, ces résultats ne sont pas robustes.

Dans le tableau 4, sont rassemblés les résultats d'estimation d'un modèle de demande de type logit simple pour illustrer l'impact que peut avoir un changement de la taille du marché, c'est-à-dire en pratique un changement dans la mesure des prix relatifs. Comme on le constate, ce changement fait passer la demande agrégée d'inélastique à élastique.

Tous ces exemples basés sur les mêmes données montrent que l'estimation des élasticités est une tâche délicate qui n'est pas réductible à des modèles simples.

Tableau 3 : Estimations de l’élasticité-prix directe – modèle log-log

	Modèle (variable endogène : logarithme nombre de voyageurs-kilomètres)							
	MCO-1		MCO-2		VI-1		VI-2	
Paramètres	Valeur	Student	Valeur	Student	Valeur	Student	Valeur	Student
Constante	26,64	80,5	22,92	31,3	23,31	15,6	22,70	13,7
Prix (logarithme)	0,77	4,8	-0,95	-2,8	-0,77	-1,1	-1,05	1,4
Temps			0,05	5,2	0,05	2,5	0,05	2,5
Instrument	non		Non		Prix t-1		Prix accès TGV	

Tableau 4 : Estimations de l’élasticité-prix directe – modèle logit

	Modèle			
Taille du marché	Petite		Grande	
Paramètres	Valeur	Student	Valeur	Student
Constante	-2,22	-2,95	6,57	2,2
Prix (logarithme)	7,09	1,1	49,79	1,95
Temps	0,05	2,35	0,29	3,4
Instrument	Prix t-1		Prix t-1	
Elasticité	0,86		1,45	

5. BIBLIOGRAPHIE

Asteriou, Dimitrios, Cubbin John, Jones Ian, Metcalfe Paul, Paredes Daniel and Jan Peter van der Veer, 2005, “The demand for long distance travel in Great Britain: some new evidence”, City University London, Discussion Paper Series, No. 05/01.

Behrens, Christian ad Eric Pels 2009, “Intermodal Competition in the London-Paris Passenger market: High-Speed Rail and air transport”, *Tinbergen Institute Discussion Paper.*

Ben-Akiva M. and T. Morikawa (1990), “Estimation of travel demand models from multiple data sources”, Elsevier.

Bergel, Ruth, Blain, Jean-Cristophe et Fei Jiang (1995), “Elasticités du traffic ferroviaire de voyageurs à la consommation et aux prix”, *Notes de synthèse OEST*, 1995.

Blain Jean Charles and Laurence Nguyen, “Modélisation de trafics de voyageurs : prise en compte de la qualité de l’offre”, *Notes de synthèse OEST*, 1994.

Cabanne Isabelle (2003) “A long term model for long distance travel in France”, Association for European Transport, 2003.

De Rus, Gines (1990) “Public transport demand elasticities in Spain”, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 24, no 2, pp. 189-201.

Goodwin, P. B. (1992) A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, pp. 155-163.

Ivaldi, Marc and Catherine Vibes (2008), “Price competition in the Intercity Passenger Transport Market: A Simulation Model” *Journal of transports economics and policy*, Volume 42, issue 2.

Lenormand Anne (2002) “Prévisions dans les modèles cointégrés avec rupture: application a la demande de transports terrestres de marchandises et de voyageurs”, Thèse pour le doctorat de l’Université de Paris I , 2002.

MEEDDAT, Ministère de l’écologie, de l’énergie, du développement durable et de la mer, (2010), “Document de travail :Modèles économétriques ferroviaires voyageurs”.

Owen, A.D. and G.D.A. Phillips (1987), “The characteristics of Railway Passenger Demand: An Econometric Investigation”, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol 21, no 3, pp.231-253.

Park Yonghwa and Hun-Koo Ha, “Analysis of the impact of high-speed railroad service on air transport demand”, *Transportation Research Part E* 42, 95-104.

Quinet, Emile (1998) “Principes d’économie des transports”, Paris, *Economica.*

Sauvant, Alain (2002), “Le transport ferroviaire de voyageurs en France: enfin un bien « normal »? ”, *Notes de synthèse du SES*, Juillet-Août 2002.

Van Vuuren Daniel and Piet Rietveld, “The Off Peak demand for train kilometers and train tickets. A Micoreconometric analysis”, *Journal of transports economics and policy*, Volume 36, part 1, pp 49-72.

Wardman, Mark (2006) “Demand for rail travel and the effects of external factors”, *Transportation Research Part E* 42, 129-148.