
NOTES ET DOCUMENTS

LA MESURE DE LA DISTANCE DANS LE MODÈLE DE GRAVITÉ : UNE APPLICATION AU COMMERCE DES PROVINCES CHINOISES AVEC LE JAPON

Xubei LUO*

CERDI, Université d'Auvergne

Le modèle de gravité, qui est adapté de la loi d'attraction universelle, a eu beaucoup de succès dans le domaine des études du commerce bilatéral. Le PIB, la masse économique, agit comme l'attracteur du commerce entre deux partenaires commerciaux et joue positivement sur le commerce. En revanche, la distance, une mesure du coût de transport utilisée par la plupart des études, sert de facteur de résistance et joue un rôle négatif sur le commerce.

Le problème majeur du modèle de gravité reste la mesure du facteur de résistance. Évidemment, il y a beaucoup d'autres facteurs autres que la distance qui influencent le coût de transport. L'utilisation de la distance à vol d'oiseau risque de faire perdre des informations utiles. Certains auteurs comme Hummels (1999) ont remplacé la distance à vol d'oiseau par la distance réelle. De plus, Limao et Venables (2000) ont tenté de prendre en compte l'influence de la qualité de l'infrastructure sur le coût de transport, tandis que Obstfeld et Rogoff (2000) ont pris en compte l'effet de ce coût sur l'échange. Dans cet article, pour mieux approximer le facteur de résistance, nous allons construire une nouvelle mesure de la distance en prenant en compte l'influence de la facilité de transport et essayer de regrouper les déterminants du coût de transport dans une seule variable, appelée la distance réelle ajustée. En démontrant les impacts respectifs des différentes mesures de la distance, nous allons les départager selon leurs performances comme facteur de résistance dans l'équation de gravité.

* L'auteur tient à remercier Henri-François Henner, Mary-Françoise Renard, Jean-François Brun et Jaime de Melo pour leurs conseils et leur patience dans le suivi de ce travail.

1. MESURES DE LA DISTANCE

La distance, un déterminant important dans le modèle de gravité, joue négativement sur le commerce bilatéral : plus les pays partenaires sont éloignés l'un de l'autre, plus leur commerce bilatéral est réduit. Implicitement, nous avons supposé que la distance est une approximation du coût de commerce. Une composante très importante du coût de commerce est le coût de transport¹. L'hypothèse fondamentale est que plus la distance est grande, plus le coût de transport est important, plus la possibilité que le commerce soit profitable est faible à cause de l'existence de l'écart entre le prix d'importation et le prix d'exportation, et donc moins se développe le commerce. Mais d'autres facteurs influencent aussi le coût de transport. Alors se pose le problème de trouver une mesure pertinente de la distance comme approximation de coût de transport, ce qui constitue l'étude centrale de notre article. Dans cette section, nous allons introduire les différentes mesures de la distance pour approximer le coût de transport réel pas à pas : la distance à vol d'oiseau, la distance réelle et la distance réelle ajustée.

1.1 Distance à vol d'oiseau

La plupart des études qui appliquent le modèle de gravité utilisent la distance à vol d'oiseau. En prenant la capitale comme centre économique d'un pays ou d'une province, on prend la distance d'arc entre les deux capitales des pays considérés pour approximer la distance qui sépare les partenaires commerciaux.

L'avantage le plus important de cette mesure de la distance est qu'elle est facilement disponible. *Toutes choses égales par ailleurs*, la distance à vol d'oiseau est une bonne approximation du coût du commerce. C'est pourquoi les résultats économétriques obtenus avec cette distance sont généralement bons.

Cependant, la condition sous-jacente : *toutes choses égales par ailleurs*, pose problème. Nous ne pouvons négliger l'influence d'autres facteurs, comme notamment les facteurs géodésiques. Par exemple, supposons que la distance à vol d'oiseau entre les pays A et B soit la même que celle qui sépare les pays A et C, le coût de transport du pays A vers le pays B sera presque toujours différent de celui du pays A vers le pays C. Selon Linnemann (1966), plus la difficulté réelle pour parcourir la distance réelle qui sépare deux partenaires est importante, plus la durée du transport est importante. Plus la durée du transport est importante et son coût monétaire élevé, plus la flexibilité est réduite à court

¹ En plus du coût de transaction, une composante importante du coût de commerce est le coût "d'information". En termes généraux, plus deux partenaires commerciaux sont éloignés l'un de l'autre, plus la différence, à savoir, la différence culturelle, la différence psychologique, la différence linguistique, etc., entre eux est importante. Dans ce sens, la distance est aussi une mesure de ces différences.

terme. Ce manque de flexibilité, encore une fois, défavorise le commerce bilatéral car il augmente le risque.

Évidemment, la distance à vol d'oiseau ne correspond pas nécessairement au trajet réel par lequel les marchandises sont transportées et elle ne nous permet pas de distinguer l'impact respectif de la distance maritime et la distance terrestre². En résumé, elle est une mesure trop simpliste qui risque de perdre beaucoup d'informations utiles.

1.2. Distance réelle

Quand on transporte les marchandises, on est obligé de les transporter selon la voie réelle, par terre comme par mer, qui ne suit pas la distance à vol d'oiseau. Pour mieux représenter le coût de transport réel, nous introduirons deux variables de la distance réelle, à savoir, la distance réelle maritime et la distance réelle terrestre³. Le coût unitaire de transport maritime est beaucoup plus faible que le coût unitaire de transport routier ou ferroviaire pour une distance réelle identique (sauf lorsque la distance est vraiment très petite et que les frais de port dominant). Intuitivement, il est donc raisonnable de distinguer ces deux distances et d'étudier séparément leur influence.

Quand on transporte les marchandises par voie terrestre, on utilise le plus souvent la voie ferroviaire ou la voie routière. Donc, en termes du coût de transport terrestre, il est raisonnable de pondérer ces deux coûts de transport. Faut de données précises, nous prendrons, dans l'application qui suit, une pondération de 50 % pour chacune des deux voies⁴.

Pour transporter les marchandises d'une province chinoise vers le Japon, normalement, il faut les transporter d'abord vers un port international ayant une route maritime directe vers le Japon⁵. De cette façon, nous distinguons les distances réelles terrestres et les distances réelles maritimes qui séparent les provinces chinoises et le Japon. La distance terrestre d'une province chinoise vers le Japon que nous prenons dans cet article est égale à la moyenne de la longueur de la distance ferroviaire et celle de la distance routière de la capitale provinciale vers le port international chinois le plus proche ayant une route maritime directe vers Tokyo. La distance maritime est égale à la longueur réelle

² Hummels (1999) illustre que la distance réelle et la distance à vol d'oiseau ne sont pas nécessairement équivalentes : si l'Allemagne exporte vers la côte Est des États-Unis, la distance réelle est approximativement égale à la distance à vol d'oiseau mais si l'Allemagne exporte vers la côte Ouest des États-Unis, il faut traverser le Canal de Panama et donc la distance réelle est presque deux fois plus élevée que celle à vol d'oiseau.

³ Généralement, on transporte la plupart des marchandises par voie terrestre ou par voie maritime aussi nous négligeons le transport aérien.

⁴ Si l'on a des données précises, il vaut mieux pondérer ces deux voies par le volume de transport.

⁵ Pour des raisons de simplicité, nous prenons Tokyo comme le port japonais de référence pour mesurer la distance.

de la route maritime entre ce port et Tokyo. Quand on transporte la marchandise vers le Japon, la distance réelle qu'on doit parcourir est la somme de la distance terrestre et de la distance maritime. En termes de distance culturelle ou psychologique, nous pensons que la distance réelle est une mesure au moins aussi bonne que la distance à vol d'oiseau. En effet, le rôle que la distance joue sur les différences culturelles ou psychologiques est surtout liée à la séparation *réelle* entre les régions considérées entraînée par le manque de communications.

En fait, une grande partie du coût de transport maritime est constituée de frais portuaires, qui ne dépendent pas de la distance maritime mais varient selon les ports. En plus, les frais portuaires diffèrent selon les ports et selon les caractères particuliers des marchandises. Pour une distance maritime donnée, le coût (unitaire) de transport dépend de la quantité des marchandises qu'on transporte. Plus le volume qu'on transporte est important, moins le coût de transport unitaire sera élevé. Faute d'informations, nous sommes obligés de prendre la distance maritime comme une mesure du coût de transport maritime, ce qui va sans doute entraîner des biais.

Nous prenons pour approximation du coût de transport terrestre, la moyenne des distances réelle routière et ferroviaire. Nous pensons qu'elle sera une meilleure mesure que la distance à vol d'oiseau car le coût de transport dépend plus de la distance réelle que l'on doit parcourir que de la distance à vol d'oiseau. Même si les distances à vol d'oiseau sont identiques, les distances réelles seront différentes, et donc, les coûts de transport seront différents selon l'existence⁶ des infrastructures routières ou ferroviaires. Comme nous nous basons sur des données agrégées, nous ne pouvons pas prendre plus en compte les caractéristiques particulières des marchandises bien qu'elles puissent influencer le coût de transport.

Cependant, nous ne pouvons pas nous contenter de ces deux mesures réelles. À part la distance, il y a d'autres facteurs qui influencent le coût de transport. Pour une distance réelle donnée et pour des marchandises particulières données, la qualité des infrastructures compte. Meilleure est cette qualité, plus faible sera le coût de transport.

L'introduction de la qualité des infrastructures pour construire la distance ajustée est une des contributions de notre article.

1.3 Distance réelle ajustée

Après avoir pris en compte la distance réelle terrestre et la distance réelle maritime, en captant les effets que la densité du réseau de transport joue sur le coût de transport, nous essayons de mesurer tous les facteurs de résistance dans

⁶ Selon l'existence et aussi selon la facilité de transport par la voie parcourue, le coût de transport sera différent.

une seule variable, que nous appelons la *distance réelle ajustée*. Étant donné que l'information sur la qualité ou la facilité maritime pour les sept voies directes maritimes des ports chinois vers Tokyo n'est pas disponible, nous sommes obligés de négliger l'ajustement pour la distance maritime⁷.

Pour une distance terrestre réelle donnée, le coût de transport varie selon la qualité ou la facilité de transport de la voie parcourue. Par exemple, si la qualité de route (ou de rail) est très mauvaise, pour une distance donnée, la durée de transport nécessaire sera plus importante. Non seulement le coût physique du transport augmente avec la durée de ce transport, mais la qualité des marchandises est susceptible de baisser, donc il y aura une diminution de leur valeur. En outre, plus la qualité ou la facilité de transport de la voie parcourue est mauvaise, plus il y a de risque pour le transport. Si nous prenons le coût de transport comme le type d'iceberg, nous pouvons conclure que le coût de transport augmente avec la durée de transport. Par conséquent, pour une distance terrestre donnée, le coût de transport augmente avec la difficulté de transport.

Le problème est qu'il n'existe pas une mesure répandue pour la qualité de l'infrastructure, surtout en termes de transport seulement⁸. Nous allons construire nous-même un indice de la densité du réseau de transport.

L'hypothèse fondamentale que nous allons faire est que plus la densité des voies routières et celle des voies ferroviaires est importante, plus la qualité de transport est bonne, et moins le coût de transport pour une distance donnée est élevé. D'un côté, cette hypothèse peut être justifiée par le fait que plus la densité des infrastructures de transport est élevée, plus il y a de choix possibles en termes d'itinéraires (routier ou ferroviaire) pour une destination finale donnée. Plus cette possibilité de choix est grande, plus il est possible de choisir un trajet au coût de transport et au risque inférieur. De l'autre côté, généralement, la densité routière et ferroviaire est un signe important du niveau de développement des infrastructures. Plus le niveau des infrastructures est élevé, plus la facilité de transport est élevée et plus le coût de transport pour une distance donnée est faible.

Pour construire un indice de facilité de transport, nous calculons d'abord la densité routière et la densité ferroviaire de chaque province chinoise (notée I_1). Nous prenons la décision d'attribuer des poids identiques à la densité routière et à la densité ferroviaire. Pour chaque province, nous construisons un indice de la facilité du transport pour la voie parcourue jusqu'au port le plus proche. Cet indice va être la moyenne pondérée des indices I_1 de chacune de n provinces

⁷ Dans les sections suivantes, dans les modèles de gravité utilisant la distance réelle ajustée, nous ne pouvons qu'utiliser la distance terrestre réelle ajustée et la distance réelle maritime non ajustée. Cette asymétrie entraîne sans doute des biais.

⁸ Car l'infrastructure est une notion beaucoup plus vaste que la notion de transport.

traversées pour se rendre de la province considérée au port. Nous donnons un poids deux fois plus élevé à l'indice de la province considérée dans le calcul de la moyenne pour prendre en compte l'importance du transport interne de la province. Les poids sont identiques et égaux à 1 pour les densités des voies terrestres des autres provinces traversées (y compris la province portuaire). Nous faisons la somme de ces densités terrestres et la divisons par "n+1" pour obtenir un indice de la voie vers le port pour chaque province (notée I_2). Pour une distance terrestre réelle donnée, plus la valeur de cet indice (I_2) est élevée, moins le coût de transport sera important. Donc, nous pouvons calculer un autre indice I_3 qui est égal à $1/I_2$. Plus la valeur de I_3 est importante, plus le coût de transport est élevé pour une distance terrestre réelle donnée. En divisant la valeur de I_3 d'une province par la valeur moyenne des I_3 de toutes les provinces, nous obtiendrons un indice I_4 , qui représente la facilité relative de la voie de la province considérée vers le port comparée avec le niveau moyen de la facilité des voies vers l'ensemble des ports chinois. La province dont la facilité de la voie vers le port est au niveau moyen doit avoir une valeur I_4 égale à 1. Si la facilité de transport de la province considérée est moins (plus) élevée que le niveau moyen chinois, sa valeur de I_4 doit être supérieure (inférieure) à 1. Enfin, pour construire la distance réelle ajustée, nous multiplions la distance réelle terrestre par la valeur de I_4 pour chaque province⁹. Donc, nous pensons que la distance réelle ajustée est une meilleure *proxy* du facteur de résistance qui prend en compte en même temps les deux facteurs, à savoir, la distance réelle et la facilité de transport, qui jouent sur le coût de transport terrestre.

Faute de données disponibles, nous ne pouvons pas faire une mesure ajustée équivalente pour la distance réelle maritime. Encore une fois, nous reconnaissons que le fait de ne pas tenir compte des frais de port et des caractéristiques particulières des marchandises est susceptible de biaiser nos estimations. En outre, les choix arbitraires que nous avons fait dans la construction de l'indice vont sans doute entraîner des biais.

2. ANALYSE EMPIRIQUE

Pour tester la validité du modèle de gravité, nous allons l'appliquer dans le cas du commerce entre les provinces chinoises et le Japon de 1988 à 1997. Nous allons effectuer en même temps les estimations en panel et les estimations en transversale. La méthode "panel" nous permet de prendre en compte les effets individuels mais dans les modèles à effets fixes la distance disparaît dans les équations d'estimation à cause de sa non-variabilité au cours du temps, donc nous ne pouvons pas étudier son influence sur le commerce. Par contre, la méthode "transversale" subit des désavantages du nombre réduit des échantillons

⁹ Les détails de la construction des indices d'infrastructure sont présentés dans l'annexe.

mais elle nous permet d'étudier les évolutions des impacts des différentes mesures de la distance. La prise en compte de ces deux méthodes nous permet d'avoir des résultats complémentaires.

2.1. Présentation du modèle

Le modèle de gravité simple s'écrit :

$$EXP_{ij} = A \frac{Y_i^{a_1} Y_j^{a_2}}{D_{ij}^{a_3}}$$

où EXP_{ij} est le niveau des exportations du pays i vers le pays j ; A est une constante ; Y_i est le PIB du pays i ; Y_j est le PIB du pays j ; D_{ij} est la distance du pays i vers le pays j .

Nous prenons cette équation en forme logarithmique pour que nous puissions interpréter les coefficients de chaque variable explicative en termes d'élasticité :

$$\log(EXP_{ij}) = \log(A) + a_1 \log(Y_i) + a_2 \log(Y_j) + a_3 \log(D_{ij}).$$

Nous nous attendons à trouver a_1 et a_2 positifs et a_3 négatif.

Le succès du modèle de gravité simple, c'est-à-dire le modèle avec seulement le PIB et la distance comme variables explicatives, est remarquable dans les études empiriques. Mais le commerce extérieur, ici les exportations des provinces chinoises vers le Japon¹⁰, n'est pas influencé seulement par ces deux facteurs. Certaines autres caractéristiques des partenaires comptent également. Nous allons essayer d'ajouter d'autres déterminants potentiels afin d'élargir la portée du modèle. A notre avis, cet élargissement améliorera tout d'abord le modèle de gravité en limitant le risque de biais dans les estimations des coefficients qui proviendrait de l'omission de variables pertinentes. Par ailleurs l'ajout de variables permettra de mieux capter l'effet des autres caractéristiques des partenaires commerciaux, ici, les provinces chinoises, sur les exportations vers le Japon.

En remplaçant Y_i et Y_j par deux vecteurs représentant respectivement les caractéristiques des pays partenaires commerciaux, $\{X_{ki}\}$ et $\{X_{kj}\}$, le modèle de

¹⁰ Nous pensons que les exportations des provinces chinoises sont moins influencées par les politiques nationales chinoises que les importations. Par conséquent elles sont plus susceptibles d'être expliquées par le modèle théorique, ici, le modèle de gravité. Nous les testons dans cet article.

gravité élargi représentera mieux la détermination du commerce bilatéral. Le modèle élargi s'écrit :

$$\log(EXP_{ij}) = \log(A) + \sum_{k=1}^{K_i} a_{1k} \log(X_{ki}) + \sum_{k=1}^{K_j} a_{2k} \log(X_{kj}) + a_3 \log(D_{ij})$$

Dans notre cas, les caractéristiques du Japon sont toujours identiques pour les diverses provinces chinoises, donc nous économisons la considération des spécificités japonaises, autrement dit, la considération du côté de la demande.

2.2. Présentation des variables

Pour mieux capter l'influence des caractéristiques spécifiques des provinces chinoises et l'évolution du commerce, nous ajoutons quatre variables, à savoir la population de chaque province, l'investissement direct japonais, le niveau des infrastructures et un trend temporel.

L'équation d'estimation de base devient :

$$\log(EXP_{ij}) = \log(A) + a_{11} \log(PIB_i) + a_{12} \log(POP_i) + a_{13} \log(IDJRI_i) + a_{14} \log(INF_i) + a_3 \log(D_{ij}) + a_4 TREND + \varepsilon$$

Dans les estimations utilisant la distance réelle ajustée, la variable INF est intégrée dans la variable de distance.

2.2.1. La population de chaque province (POP)

Avec la présence de la variable PIB en forme logarithmique, l'introduction de la variable population est égale à l'introduction de la variable PIB par tête, si on contraint les coefficients à être les mêmes. Étant donné que le différentiel de niveau du développement économique entre les provinces chinoises et le Japon est relativement important, selon le théorème d'Heckscher-Ohlin, nous supposons qu'ils échangent plutôt des marchandises intensives en facteurs différents en exploitant leurs avantages comparatifs en termes de dotation factorielle. Autrement dit, les provinces chinoises exportent plutôt des produits intensifs en travail vers le Japon et importent plutôt des produits intensifs en capital. Le signe attendu de cette variable sera positif. En revanche, du côté de la demande, selon Linder, les pays commercent plus si leurs niveaux de développement sont plus proches, donc le signe attendu de cette variable sera négatif. Les deux principales théories de l'échange s'opposent donc ici.

2.2.2. L'investissement direct japonais (IDJRI)

Étant donné qu'une grande partie du commerce international est aujourd'hui du commerce intra-firme et que le gouvernement chinois incite les investisseurs étrangers à exporter, nous pensons que l'investissement direct

étranger joue positivement sur les exportations. Pour mieux étudier la caractéristique spécifique du commerce sino-japonais, nous retenons l'investissement direct japonais.¹¹ Pour capter l'effet des investissements sur les exportations, nous prenons la variable retardée d'un an. Le signe attendu de cette variable sera positif.

2.2.3. Le niveau des infrastructures (I_4 , noté INF)

C'est un facteur qui joue un rôle important sur le coût de transport en plus de la distance. Dans les modèles utilisant la distance à vol d'oiseau ou la distance réelle, nous allons ajouter cette variable pour mieux mesurer l'effet que le coût de transport joue sur le commerce. Étant donné que cet indice d'infrastructure est mesuré par l'inverse de la densité routière et ferroviaire de la capitale de la province à son port le plus proche comparée avec le niveau moyen chinois, il sera négativement corrélé avec la densité routière et ferroviaire donc positivement corrélé avec le coût du transport. Le signe attendu de cette variable sera négatif.

2.2.4. Le trend temporel (TREND)

Nous introduisons cette variable dans les estimations en panel pour capter l'évolution de l'intégration sino-japonaise au cours du temps. Du fait de l'accélération de l'intégration mondiale et régionale, le signe attendu de cette variable sera positif.

2.2.5. La variable muette "côtère"

Pour capter la différence provinciale la plus importante de la Chine, nous ajoutons la variable muette "côtère" dans les estimations en transversal du modèle utilisant la distance à vol d'oiseau¹². Elle prend la valeur 1 pour les 11 provinces côtières et la valeur 0 pour les provinces intérieures.

2.3. Résultats et commentaires

Dans cette section, nous partirons de l'estimation en panel pour capter les effets individuels, nous estimons ensuite le modèle en transversal pour étudier le rôle des différentes mesures de la distance. Enfin, nous comparons leur résultat dans le modèle de gravité.

¹¹ En raison de la disponibilité des données, nous sommes obligés d'utiliser l'investissement direct japonais sous-contrat et non celui réalisé, bien qu'ils diffèrent.

¹² A cause de la situation géographique spécifique du Japon, la variable muette côtière est négativement corrélée avec la distance réelle terrestre (ajustée ou non). Par conséquent, nous n'incluons pas la variable muette dans les deux autres modèles.

2.3.1. Estimations du modèle de gravité en panel

Comme le montre le tableau n° 1, dans les modèles en panel à effets aléatoires, les variables de base (les deux facteurs de gravité) sont significatives avec les signes attendus, quelle que soit la mesure de la distance. Pour les quatre variables que nous venons d'ajouter, la population (LPOP) et la tendance temporelle (TREND) ne sont jamais significatives au seuil de 5 %.

La variable LPOP n'est pas significative, ce qui peut impliquer que les exportations des provinces chinoises vers le Japon ne se concentrent pas sur un commerce intensif en travail ou intensif en capital, mais sur un commerce relativement diversifié. En outre, selon la théorie de Linder, en raison de la différence relativement importante entre les niveaux de développement économiques des provinces chinoises, le commerce inter-industriel et le commerce intra-industriel coexistent dans le commerce bilatéral sino-japonais. Le niveau de développement, mesuré par le PIB par tête ne joue pas significativement sur le commerce pour toutes les provinces dans leur ensemble, la relation positive entre le PIB par tête et les exportations vers le Japon pour les provinces relativement développées neutralise la relation négative entre le PIB par tête et les exportations vers le Japon pour les provinces relativement moins développées. Compte tenu du fait que les caractéristiques des provinces chinoises sont très différentes, il n'est pas étonnant que nous obtenions ce résultat.

Le variable TREND n'est pas significative, ce qui signifie que l'accélération de l'intégration économique régionale n'influence pas les exportations des provinces chinoises vers le Japon. Ce résultat diffère de celui trouvé par Guillaumont, Brun et de Melo (1998). Ils trouvent que l'intégration régionale s'accélère. Nous pensons que cela est sans doute dû à la particularité de notre cas : la Chine et le Japon sont les deux pays les plus importants en Asie, en termes économiques comme en termes politiques. En raison de l'histoire particulière entre eux, il est possible que l'évolution des exportations des provinces chinoises vers le Japon ait une tendance différente de celle des autres pays.

Par contre, les deux autres variables, à savoir, l'investissement direct japonais retardé (LIDJR1) et l'indice d'infrastructure de la province considérée vers le port le plus proche (LINF) sont toujours significatives avec les signes attendus.

La variable LIDJR1 est significativement positive. Cela signifie que l'investissement direct étranger et le commerce extérieur sont complémentaires. Plus précisément, il semble que cette relation soit conforme à la théorie du cycle de vie des produits : dans la période où la production des produits devient standard, les pays développés investissent dans les pays en voie de

développement en exploitant leurs avantages comparatifs en travail et une grande partie des produits sont réexportés vers les pays investisseurs.

Tableau n° 1 : Résultats en panel (modèle de gravité élargi)

Variables	Distance à vol d'oiseau				Distance réelle				Distance réelle ajustée	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Lpib	1,010*** (11,022)	1,046*** (7,835)	0,815*** (5,557)	0,773*** (6,827)	0,978*** (10,849)	0,975*** (7,512)	0,837*** (5,943)	0,815*** (7,197)	0,931*** (10,210)	0,927*** (7,006)
Lvol	-1,567*** (-5,047)	-1,512*** (-4,365)	-1,405*** (-4,004)	-1,475*** (-4,691)						
Lter					-0,158*** (-6,325)	-0,159*** (-5,622)	-0,129*** (-4,057)	-0,133*** (-4,775)		
Lmer					-1,481*** (-3,375)	-1,483*** (-3,346)	-1,677*** (-3,648)	-1,692*** (-3,705)	-1,543*** (-3,473)	-1,547*** (-3,450)
Lter1									-0,156*** (-6,457)	-0,156*** (-5,816)
Lpop	-0,378*** (-3,061)	-0,404*** (-2,804)	-0,175 (-1,112)	-0,146 (-1,034)	-0,137 (-1,131)	-0,134 (-0,904)	-0,005 (-0,030)	0,017 (0,120)	-0,090 (-0,735)	-0,086 (-0,571)
Lidjrl	0,062*** (4,768)	0,064*** (4,432)	0,057*** (3,988)	0,054*** (4,208)	0,058*** (4,545)	0,058*** (3,991)	0,055*** (3,848)	0,054*** (4,188)	0,057*** (4,463)	0,056*** (3,905)
Trend		-0,003 (-0,393)	-0,003 (-0,485)			0,002 (0,031)	-0,002 (-0,269)			...
Linf			-0,367*** (-3,388)	-0,361*** (-3,371)			-0,263** (-2,314)	-0,259** (-2,306)		
Constante	3,836*** (3,335)	3,547** (2,544)	3,803*** (2,717)	4,161*** (3,587)	3,677** (2,423)	3,690** (2,313)	4,661*** (2,788)	4,779*** (2,958)	4,005*** (2,601)	4,028** (2,491)
R carré (within)	0,559	0,556	0,572	0,574	0,560	0,560	0,571	0,572	0,564	0,564
Test Hausman (prob>chi2)	...	0,001	0,034	0,024	0,031	0,003	...	0,028	0,007	0,011

Variable expliquée : *lexp*.

Les *t* de Student sont entre parenthèses.

" ... " signifie que la valeur absolue est inférieure à 0,001.

* Résultat significatif au seuil 0,10 ; ** significatif au seuil 0,05 ; *** significatif au seuil 0,01.

La variable LINF est significativement négative. Cela confirme notre hypothèse selon laquelle le niveau du développement des infrastructures joue positivement sur le commerce. Il constitue un autre déterminant du coût de transport en dehors de la distance. Dans le modèle utilisant la distance réelle ajustée nous n'introduisons pas cette variable car son influence est déjà incluse dans la distance ajustée. Dans les modèles utilisant les deux autres mesures de la distance, les résultats confirment que plus le niveau de l'infrastructure est élevé, plus les exportations vers le Japon seront importantes, toutes choses égales par ailleurs. Nous pensons que l'infrastructure joue sur le commerce par le canal du coût de transport. Comme nous n'avons introduit que l'indice d'infrastructure pour mesurer la facilité du transport terrestre, il sera intéressant, dans l'avenir, de construire un indice pour mesurer la facilité du transport maritime.

D'après le test de Hausman, au seuil de 5 %, nous ne pouvons pas avoir recours aux modèles à effets aléatoires. Dans ce cas, les variables de distance, qui ne varient pas au cours du temps, sortent du modèle et donc les résultats des

modèles utilisant la distance à vol d'oiseau ou la distance réelle sont identiques. Dans tous les modèles utilisant les différentes mesures de la distance, les significativités des variables explicatives et leurs signes correspondent avec ceux des modèles à effets aléatoires.

Pour étudier précisément l'influence de la distance sur le commerce, nous aurons recours à la méthode transversale.

2.3.2. Estimations du modèle de gravité en transversal

Avec la méthode transversale, nous pouvons étudier l'évolution des différentes mesures de la distances sur les exportations au cours des années. Comme le montrent les tableaux n° 2 et n° 3¹³, le PIB est toujours significatif avec un signe positif. Les variables de distances sont négativement significatives dans la quasi-totalité des cas. Par conséquent, nous pouvons conclure que le modèle de gravité est assez robuste dans notre cas.

Tableau n° 2 : Résultats en transversal (utilisant la distance à vol d'oiseau)

Variabes	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Lpib	1,555*** (3,340)	1,870*** (3,308)	1,719*** (3,861)	1,473*** (4,668)	1,390*** (4,263)	1,128*** (3,519)	1,069*** (4,266)	0,903*** (2,899)	0,959*** (3,269)	0,973*** (3,057)
Lvol	-0,656 (-1,021)	-0,486 (-0,547)	-0,727 (-1,200)	-0,824* (-1,522)	-1,078** (-2,464)	-1,062** (-2,554)	-1,431*** (-3,963)	-1,089** (-2,523)	-1,487*** (-3,187)	-1,556*** (-4,655)
Lpop	-0,819** (-2,304)	-0,980* (-2,090)	-0,961** (-2,644)	-0,725** (-2,710)	-0,651** (-2,509)	-0,363 (-1,226)	-0,318 (-1,476)	-0,384 (-1,689)	-0,415* (-1,902)	-0,388 (-1,610)
Lidjrl	0,038 (0,599)	-0,012 (-0,189)	0,034 (0,904)	-0,007 (-0,128)	-0,021 (-0,312)	0,083 (1,063)	-0,007 (-0,087)	0,105 (0,862)	0,032 (0,311)	0,037 (0,479)
Linf	0,275 (1,505)	0,234 (1,054)	0,200 (1,086)	0,098 (0,568)	-0,002 (-0,014)	-0,084 (-0,463)	-0,141 (-1,079)	-0,029 (-0,217)	-0,193 (-1,300)	-0,272 (-2,065)
Cot	0,261** (2,306)	0,327** (2,312)	0,264** (2,803)	0,354*** (3,737)	0,357*** (3,698)	0,296** (2,184)	0,359*** (3,300)	0,334*** (2,941)	0,353*** (2,970)	0,322*** (2,857)
Constante	-0,911 (-0,279)	-2,514 (-0,548)	-1,056 (-0,337)	0,016 (0,006)	1,093 (0,513)	1,324 (0,659)	3,223** (2,636)	2,477* (1,745)	3,808** (2,181)	3,877*** (2,904)
R carré	0,851	0,861	0,866	0,878	0,918	0,931	0,933	0,929	0,936	0,940
N	25	25	28	29	29	27	28	29	28	28

Variable expliquée : *lexp*.

Les *t* de Student sont entre parenthèses.

* Résultat significatif au seuil 0,10 ; ** significatif au seuil 0,05 ; *** significatif au seuil 0,01.

En panel comme en transversal, nous constatons que le coefficient de la distance réelle maritime est supérieur à celui de la distance réelle terrestre (ajustée ou non) en valeur absolue. Ce résultat semble un peu étonnant à première vue, car les coefficients représentent les effets marginaux des variables. Si nous les interprétons mécaniquement, cela semble signifier que le coût unitaire de transport maritime est plus important que le coût unitaire de transport terrestre, ce qui n'est pas conforme à la réalité. Pour mieux expliquer ce résultat, il faut recourir aux spécificités des provinces chinoises. En Chine, la majeure

¹³ Les résultats des estimations des modèles utilisant la distance réelle sont similaires avec ceux du tableau n° 3. Les coefficients des différentes mesures de la distance sont montrés dans la graphique n° 1.

partie des exportations est réalisés par les provinces côtières. La différence d'exportation parmi les provinces côtières est beaucoup plus importante que parmi les provinces intérieures. Pour les provinces côtières, la différence de distance se reflète principalement par la différence de distance maritime. En revanche, pour les provinces intérieures, la différence de distance se reflète essentiellement par la différence de distance terrestre. Ces spécificités chinoises peuvent expliquer pourquoi la distance maritime semble jouer un rôle plus important que la distance terrestre sur le commerce dans notre cas.

Tableau n° 3 : Résultats en transversal (utilisant la distance réelle ajustée)

Variables	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Lpib	0,988** (2,464)	1,302*** (5,767)	1,546*** (5,787)	1,402*** (5,331)	1,274*** (4,725)	1,196*** (4,444)	1,254*** (3,807)	0,869** (2,278)	1,042** (2,733)	1,127** (2,692)
Lpop	-0,140 (-0,372)	-0,280 (-1,270)	-0,649** (-2,668)	-0,523** (-2,086)	-0,525** (-2,178)	-0,335 (-1,444)	-0,370 (-1,249)	-0,323 (-1,043)	-0,486 (-1,530)	-0,448 (-1,296)
Lter 1	-0,089** (-2,332)	-0,069** (-2,341)	-0,069* (-2,041)	-0,099** (-2,595)	-0,075* (-1,863)	-0,085* (-1,913)	-0,109** (-2,582)	-0,077 (-1,650)	-0,088 (-1,627)	-0,130** (-2,489)
Lmer	-2,109*** (-2,896)	-1,847*** (-2,894)	-1,620** (-2,667)	-1,177* (-1,924)	-1,324** (-2,659)	-1,068* (-1,972)	-1,078** (-2,126)	-0,996** (-2,124)	-0,988* (-2,035)	-1,062** (-2,560)
Lidjr1	0,075 (1,273)	0,059 (1,624)	0,051 (1,120)	0,034 (0,814)	0,096* (1,961)	0,198*** (3,100)	0,135 (1,255)	0,242** (2,125)	0,213* (2,201)	0,154 (1,465)
Constante	5,564 (1,684)	3,564 (1,373)	2,422 (0,993)	1,467 (0,583)	2,248 (1,049)	0,932 (0,413)	1,224 (0,610)	2,032 (1,069)	1,542 (0,753)	1,650 (0,893)
R carré	0,869	0,881	0,866	0,852	0,898	0,919	0,902	0,909	0,911	0,910
N	25	25	28	29	29	27	28	29	28	28

Variable expliquée : *lexp*.

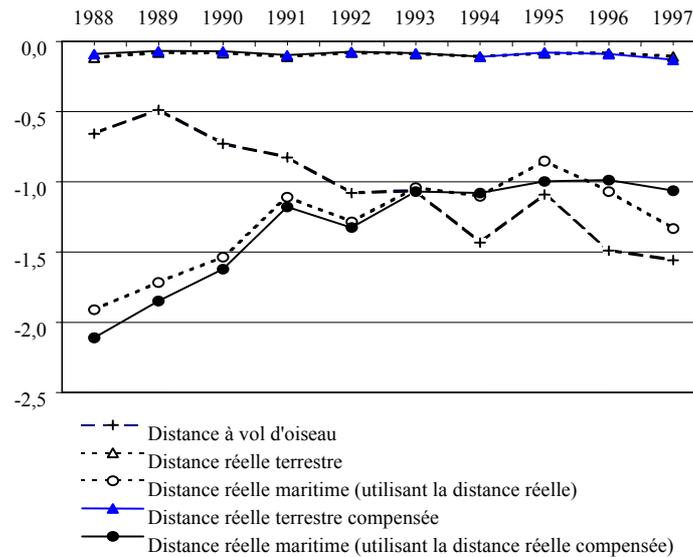
Note : Les *t* de Student sont entre parenthèses.

* Résultat significatif au seuil 0,10 ; ** significatif au seuil 0,05 ; *** significatif au seuil 0,01.

D'après les estimations en transversal, le graphique n° 1 montre que le coefficient de la variable de distance réelle maritime a tendance à diminuer en valeur absolue au cours du temps tandis que le coefficient de la variable de distance réelle terrestre (ajustée ou non) a tendance à augmenter en valeur absolue. En premier lieu, cela signifie que la distance à vol d'oiseau est une mesure trop abstraite qui ne permet pas de distinguer les impacts différents de la distance maritime et de la distance terrestre. Le mélange de ces deux distances risque de faire perdre les informations utiles. En deuxième lieu, le coefficient de la variable de distance maritime tend à diminuer en valeur absolue, ce qui signifie que les provinces avec un port plus proche de Tokyo ont vu leur avantage comparatif en termes de la situation géographique diminuer au cours du temps. En revanche, le coefficient devant la variable de distance terrestre tend à augmenter, ce qui signifie que les provinces éloignées d'un port subissent des désavantages croissants en termes de situation géographique par rapport aux provinces plus proches d'un port, autrement dit l'écart entre les provinces intérieures et les provinces côtières se creuse au cours du temps¹⁴.

¹⁴ On peut retrouver ici les hypothèses développées par Venables (2000).

Graphique n° 1 : L'évolution des coefficients des différentes mesures de la distance dans le modèle de gravité



2.3.3. Hiérarchisation des mesures de distance

Après avoir estimé les équations de gravité, nous pouvons départager les trois mesures de distance par les tests économétriques. Dans les estimations en panel, selon le J-test de Davidson et McKinnon, au seuil de 5 %, la distance réelle non-ajustée (d_2) est significativement meilleure que la distance à vol d'oiseau (d_1), la distance réelle ajustée (d_3) est aussi significativement meilleure que la distance réelle non-ajustée (d_2), mais les relations ici ne sont pas transitives et les tests ne nous permettent pas de départager les mesures de la distance réelle ajustée (d_3) et la distance à vol d'oiseau (d_1)¹⁵.

Dans les estimations en transversal, les relations sont plus ambiguës, la supériorité de l'une ou de l'autre des trois mesures est différente selon les années. Mais la distance réelle ajustée semble souvent dominer les deux autres. Dans l'ensemble, ces résultats nous donnent une certaine confirmation que la distance

¹⁵ Par contre, au seuil de 1 %, les résultats de J-tests suggèrent que la distance réelle ajustée est significativement meilleure que la distance à vol d'oiseau. Dans ce cas, nous pouvons conclure que la distance réelle ajustée est la meilleure parmi ces trois et la distance à vol d'oiseau reste moins bonne.

réelle ajustée est une meilleure mesure du facteur de résistance dans le modèle de gravité.

En outre, grâce à l'introduction de l'indice d'infrastructure dans la variable de distance, la distance réelle ajustée devient une variable qui varie au cours du temps. Cette nouvelle caractéristique permet de l'introduire dans les estimations en panel à effets fixes. Lorsque nous aurons pu construire la distance réelle ajustée pour la distance maritime, nous pourrions étudier le rôle que les deux distances jouent sur le commerce sans négliger les effets individuels. Dans ce sens, la distance réelle ajustée est la meilleure mesure de la distance que nous pouvons prendre dans les estimations économétriques des équations de gravité.

CONCLUSION

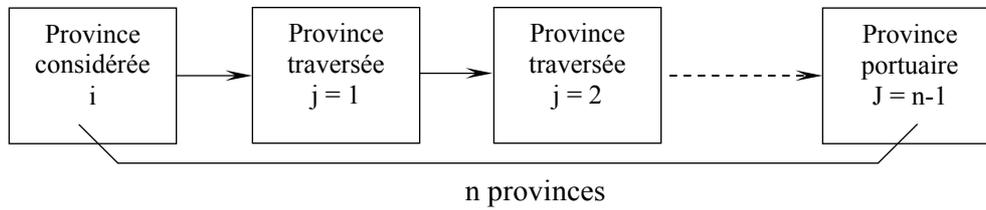
En résumé, nous concluons que le modèle de gravité est robuste dans le cas du commerce entre les provinces chinoises et le Japon entre 1988 et 1997. Les deux variables principales, à savoir le PIB et la distance (quelle que soit sa mesure) sont presque toujours significatives avec les signes attendus. La significativité des variables que nous ajoutons, à savoir l'investissement direct japonais, l'indice d'infrastructure et la variable muette côtière, montre qu'il existe des facteurs autres que le PIB et la distance qui influencent le commerce bilatéral et que la prise en compte de ces facteurs contribue à améliorer le modèle de gravité.

Nous avons construit un indice de la densité du réseau de transport comme une *proxy* de la qualité des infrastructures, qui représente un autre déterminant du coût de transport. L'introduction de cet indice dans la variable de distance constitue l'originalité de cet article. Elle nous permet de mieux représenter le coût de transport dans une seule variable, appelée la distance réelle ajustée. D'après les tests économétriques, bien que nous ne puissions pas conclure avec certitude que la distance réelle ajustée soit la meilleure mesure du facteur de résistance, la constitution de cette mesure ouvre de nouvelles perspectives de recherches dans le domaine des études des modèles de gravité.

ANNEXE

Construction des indices d'infrastructure

Supposons que pour transporter les marchandises de la province i vers le port le plus proche, il faut traverser $n-1$ provinces, y compris la province portuaire.



Pour construire les indices d'infrastructure, nous procédons de la manière suivante :

$$I_{1i} = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$$

où d_1 est la densité routière de la province i , d_2 est la densité ferroviaire de la province i .

$$I_{2i} = \frac{2I_{1i} + \sum_{j=1}^{n-1} I_{1j}}{n+1}$$

où i signifie la province considérée, j signifie la province traversée.

$$I_{3i} = \frac{1}{I_{2i}}$$

$$I_{4i} = \frac{I_{3i}}{I_{3i}}, \text{ où } \overline{I_{3i}} = \frac{\sum_{i=1}^{29} I_{3i}}{29}.$$

RÉFÉRENCES

- Deardorff A., 1995, "Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World?", *NBER Working Paper*, W5377.
- Eichengreen B. et Irwin D., 1996, "The Role of History in Bilateral Trade Flows", *NBER Working Paper*, W 5565.
- Evenett S. et Keller W., 1998, "On Theories Explaining the Success of the Gravity Equation", *NBER Working Paper*, W6529.
- Frankel J., Stein E. et Wei S., 1996, "Regional Trading Arrangement: Natural or Super-Natural?", *NBER Working Paper*, W5431.
- Greene W.H., 1997, *Econometrica Analysis*, Prentice Hall, New York, 3^e édition (internationale).
- Guangdong Maps Publishing House, 2000, *Xinbian Zhongguo Ditu*, Guangdong, Chine, 3^e version.
- Guillaumont P., Brun J.F. et De Melo J., 1998, "La distance abolie ? Critères et mesure de la mondialisation du commerce extérieur", *Études et documents du CERDI*, E98.30.
- Harbin Maps Publishing House, 2000, *Tongyong Zhongguo Jiaotong Ditu*, Harbin, Chine, 4^e version.
- Henner H.F., 1997, *Commerce International*, Montchrestien, Paris, 3^e édition.
- Henner H.F., 2000, "Infrastructure et Développement", *Mondes en Développement*, n° 9.
- Heckscher E.F., 1919, "The Effect of Foreign Trade on the Distribution of Income", *Economisk Tidskrift* (en suédois), 21.
- Hummels D., 1999, "Toward a Geography of Trade Costs", site web : <http://gsbwww.uchicago.edu/fac/david.hummels/research/vs/>.
- Hummels D., 1999, "Have International Transportation Costs Declined?", site web : <http://gsbwww.uchicago.edu/fac/david.hummels>.
- Krugman P., 1979, "Increasing Returns to Scale, Monopolistic Competition and International Trade", *Journal of International Economics*, IX.
- Krugman P., 1991, *Geography and Trade*, Leuven University Press and the MIT Press, Cambridge, MA.
- Krugman P., 1995, "A Dynamic Spatial Model", *NBER Working Paper*, W4219.
- Leamer E. et Lundborg P. (1995), "A Heckscher-Ohlin View of Sweden Competing in the Global Market", *NBER Working Paper*, W5114.

- Leamer E., 1987, "Paths of Development in the Three-Factor, n-goods General Equilibrium Model", *Journal of Political Economy*, Vol. 95, n° 51.
- Limao N. et Venables A.J., 2000, *Infrastructure, Geographical Disadvantage and Transport Costs*, site web : www.lse.ac.uk.
- Linder S.B., 1961, *An Essay on Trade and Transformation*, John Wiley and Sons, Stockholm.
- Lindert P.H., 1991, *International Economics*, Irwin Press, Boston, 9^e édition.
- Obstfeld M. et Rogoff K., 2000, "The Six Major Puzzles in International Macroeconomics: Is There a Common Cause?", *NBER Working Paper*, W7777.
- Ohlin B., 1933, *Interregional and International Trade*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- Schmiedel F., 1998, "L'orientation géographique des échanges commerciaux de la Chine : analyse de ses déterminants et de la position européenne à partir des modèles de gravité", thèse de doctorat, CERDI, Clermont-Ferrand.
- State Statistical Bureau of the People's Republic of China, 1986-1999, *China Statistical Yearbook*, China Statistics Press, Beijing, (plusieurs éditions).
- The Editorial Board of the Almanac of China's Foreign Economic Relations and Trade, 1986-2000, *Almanac of China's Foreign Economic Relations and Trade*, China Foreign Economic Relations and Trade Publishing House, Beijing, (plusieurs éditions).
- Tinbergen J., 1962, *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economy Policy*, The Twentieth Century Fund, New York.
- Venables A.J., 2000, *Winners and Losers from Regional Integration Agreements*, site web : <http://www.lse.ac.uk/staff/ajv/>.
- Vernon R., 1966, "International Investment and International Trade in the Product Cycle", *Quarterly Journal of Economics*, n° 2, p. 190-207.