

Les Cahiers Scientifiques du Transport

pp. 37-50 N° 22/1990

J. H. KUIPER

*La relation entre un schéma optimal de
localisation et les coûts de transport
dans les modèles de Tinbergen-Bos*

**La relation entre un schéma optimal de localisation
et les coûts de transport
dans les modèles de Tinbergen-Bos :
un exemple**

J. H. KUIPER

Université Erasme de Rotterdam
Faculté des Sciences Economiques
Département d'Economie Spatiale Théorique

1. INTRODUCTION

Dans Kuiper-Paelinck (1984) la nécessité de généraliser les modèles de Tinbergen-Bos d'un équilibre économique spatial théorique a été soulignée. Deux directions y étaient mentionnées, à savoir l'introduction de différentes métriques et le calcul du schéma de localisation des centres d'activité. Ces modèles minimisent les coûts de transport entre centres de production afin de dériver un système optimal de centres.

Dans Kuiper (1988, 1989), la distance rectilinéaire est introduite, ainsi qu'un nombre d'hypothèses nouvelles concernant l'usage du sol par chaque type de centre de production. En général l'on supposait que des centres de production concentrés - dit "de rang élevé" - ont besoin de plus d'espace pour acheter leurs intrants et vendre leur produits, des centres inférieurs exigeant une extension spatiale moindre. Parfois leurs intrants sont directement achetés du secteur agricole et leur produits vendus aux consommateurs; ce dernier type conduira à des coûts de transport moindres pour les produits agricoles ou de bas rang.

Dans les études mentionnées un certain nombre de simulations ont été présentées, montrant les coûts de transport de systèmes utilisant des nombres différents d'unités de production par secteur; des systèmes optimaux avec leurs schémas de localisation et leur coûts de transport ont été calculés. La présente étude s'inscrit dans la même ligne, mais avec l'introduction explicite des tarifs de transport pour chaque secteur, afin de montrer leur influence sur les schémas de localisation. Si ces tarifs sont importants entre deux secteurs, leur concentration dans un centre est prévisible, et vice-versa pour de bas tarifs; le modèle comprend deux secteurs sur lesquels un certain nombre de calculs sont réalisés.

Finalement, quelques conclusions générales seront présentées concernant la localisation optimale de centres de production; comme ils sont des éléments d'un système de centres, cette localisation dépend de son

interdépendance avec tous les autres centres, interdépendance mesurée par les volumes de transport entre centres, les tarifs de transport et les distances.

2. EQUILIBRE COMMERCIAL ENTRE CENTRES DE PRODUCTION

La production, dans les modèles de Tinbergen-Bos, a lieu dans un ensemble hiérarchique de centres de production. L'on distingue différents secteurs industriels, chaque bien étant produit dans des firmes d'une capacité spatiale \bar{Y}_i , le nombre de firmes produisant i étant de n_i . Les variables suivantes sont pertinentes:

- $E_i^{kk'}$ - volume des exportations du secteur i localisé dans un centre de type k vers un centre de type k' , $k = 1, \dots, \kappa$; $k = 0$ représente le secteur agricole.
- n^k - nombre de centres de type k .
- n_i^k - nombre de firmes de type i localisées dans des centres de type k .
- $d(kk')$ - distance entre centre de type k et k' ; ceci veut dire qu'il y a un schéma de localisation tel que des centres de type k' sont localisés à une même distance de centres de type k , impliquant qu'à côté d'une organisation hiérarchique de la production, il existe une hiérarchie dans la localisation.
- $t_i^{kk'}$ - tarif de transport du secteur i pour le transport de k vers k' , ce qui implique que le tarif n'est pas seulement dépendant du secteur mais également du type de centres concernés, par exemple que ce tarif diffère entre centres "centraux" et "périphériques".

Suivant en cela une hypothèse spécifiquement tinbergienne, selon laquelle chaque centre de rang k contient tous les secteurs de rang inférieur, et tenant compte du fait que seuls sont importés les produits de secteurs non présents dans un centre, l'équilibre commercial de centres de type k devient:

$$\sum_{k'=1}^{k-1} E_k^{kk'} = \sum_{k'=k+1}^k E_{k'}^{k'k} + E_0^{ok} \quad (2.1)$$

Les coûts de transport T dans ces modèles dépend des volumes transportés entre différents centres, des tarifs de transport et des distances entre centres, soit $T = f(E_i^{kk'}, t_i^{kk'}, d(kk'))$, ou:

$$T = \sum_{k=2}^k \sum_{k'=1}^k d(k',k) t_{k'}^{kk'} E_k^{kk'} + \sum_{k=1}^k d(k,o) (t_k^{ko} E_k^{ko} + t_0^{ok} E_0^{ok}) \quad (2.2)$$

Si des centres sont complètement concentrés, on n'aura que des centres de type κ et 0, d'où les coûts de transport seront

$$T = d(o,\kappa) \sum_{k=1}^k (t_k^{ko} + t_0^{ok}) E_k^{ko} \quad (2.3)$$

3. CALCUL D'UN SCHEMA OPTIMAL DE LOCALISATION

Dans Kuiper (1984) des schémas optimaux de localisation sont établis dans le cadre de systèmes de Tinbergen-Bos, pour 2 secteurs plus un secteur agricole. La localisation optimale de centres de type 1, localisés de façon décentralisée, en a été dérivée; l'on a montré qu'il était profitable pour les centres de type 1 de se déplacer vers les centres de type 2, aussi longtemps que la réduction de coûts de transport atteinte en localisant des centres de type 1 plus près des centres de type 2, excédait l'augmentation causée par l'accroissement de la distance entre centres de type 1 et le secteur agricole, donc

$$2\left(\frac{a}{\sqrt{n}} - x_1\right) (E_1^{12} + E_1^{21}) > \left(-\frac{a}{2\sqrt{n}} - 2x_1 + \frac{2x_1^2}{a} \sqrt{n}\right) (E_1^{10} + E_0^{01}) \quad (3.1)$$

où (x_1, x_1) , coordonnées sur la diagonale du carré correspondant est la localisation de centres de type 1, une surface carrée a^2 étant considérée.

La valeur optimale de x_1^* était donnée par

$$x_1^* = \frac{a}{2\sqrt{n}} \left(1 - \frac{E_1^{12} + E_2^{21}}{E_1^{10} + E_0^{01}}\right) \quad (3.2)$$

ou, avec des tarifs de transport:

$$x_1^* = \frac{a}{2\sqrt{n}} \left(1 - \frac{E_1^{12} + E_2^{21} + t_2^{21} E_2^{21}}{E_1^{10} + E_0^{01} + t_0^{01} t_0}\right), \quad 0 \leq x_1^* \leq \frac{a}{2\sqrt{n}} \quad (3.3)$$

Si $x_1^* = 0$, la concentration serait optimale.

Il y aura concentration de centres de type 1 et 2 si

$$\frac{t_1^{12} + E_2^{12} + t_2^{21} E_2^{21}}{t_1^{10} + E_0^{10} + t_0^{01} E_0^{01}} \geq 1 \quad (3.4)$$

ce qui veut dire que la concentration est plus plausible si:

- le tarif de transport du produit 2, et celui du transport de 1 vers 2, sont importants;
- les volumes transportés entre 1 et 2 sont importants;
- le tarif sur les produits agricoles est faible;
- les volumes de produits échangés entre les secteurs agricole et 1 sont faibles.

4. EXEMPLE

Supposons les mêmes secteurs; au début du calcul il n'y a que des centres de type 1 et 2, localisés au centre de leur extension spatiale, donc un système décentralisé; le secteur agricole connaît une répartition uniforme. Sur la base du commerce intercentres, il convient de calculer des localisations optimales; celles des centres de rang 2 est connue à l'avance, comme dit précédemment.

Soit E_{ij} les volumes d'exportation de i à j ; $i, j = 0, 1, 2$; $i \neq j$.

Comme il y a équilibre commercial on a:

$$E_{01} + E_{02} + E_{10} + E_{20} \text{ (secteur 0)} \quad (4.1)$$

$$E_{10} + E_{12} + E_{01} + E_{21} \text{ (secteur 1)} \quad (4.2)$$

Utilisant (4.1) et (4.2), l'on dérive

$$E_{20} + E_{21} + E_{02} + E_{12} \quad (4.3)$$

Si la production du secteur 1 et du secteur 2 a lieu dans les centres de type 1 et 2, il y a un système de production décentralisé; si elle a lieu dans des centres de type 3, alors on a un système centralisé. Lequel des deux systèmes sera optimal, est déterminé par des coûts de transport total; il n'y aura qu'un optimum.

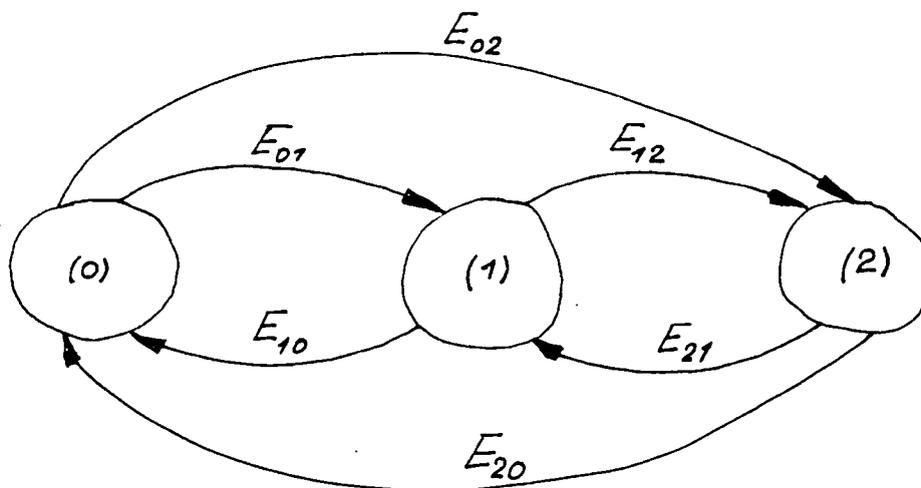


Figure 4.1: un système décentralisé

Afin de calculer le coût de transport total on a besoin des variables suivantes:

$E_{01}, E_{02}, E_{10}, E_{12}$:

t_0, t_1, t_2 des tarifs de transport uniformes

n_1, n_2 le nombre de firmes de chaque secteur

a^2 l'aire de l'espace où la production a lieu

Utilisant (4.1) et (4.2), E_{20} et E_{21} peuvent être calculés; l'on utilisera la règle de décision suivante:

si $t_e E_{21} + t_1 E_{12} (=M) \geq t_1 E_{10} + t_0 E_{01} (=C)$, alors la production aura lieu dans des centres concentrés de type 3, sinon un système déconcentré sera optimal.

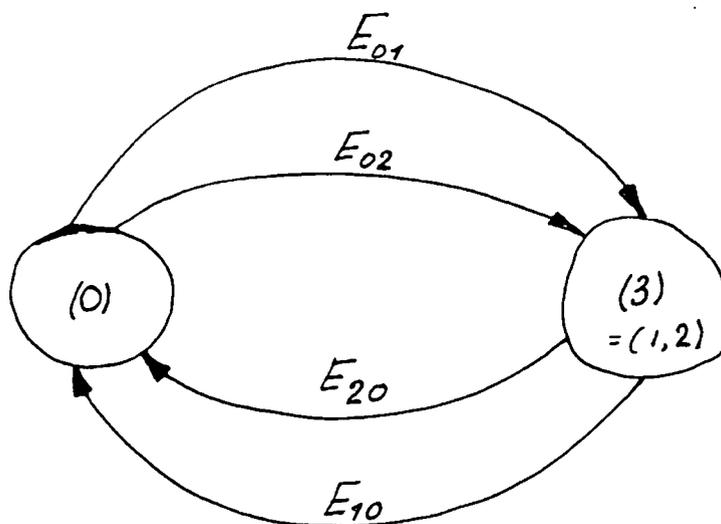


Figure 4.2: un système centralisé

Dans le cas de concentration, les coûts de transport seront calculés comme :

$$T = d(03) (t_0 E_0^{03} + t_1 E_1^{30} + t_2 E_2^{30}) \quad (4.4)$$

où

$$E_0^{03} = E_{01} + E_{02}$$

$$E_1^{03} = E_{10}$$

$$E_2^{30} = E_{20}$$

$$d(03) = \frac{a}{2\sqrt{n_2}}$$

Dans le cas d'un système décentralisé l'on calculera les coûts de transport comme :

$$T = d(01) (t_0 E_{01} + t_1 E_{10}) + d(02) (t_0 E_{02} + t_2 E_{20}) + d(12) (t_1 E_{12} + t_2 E_{21}) \quad (4.5)$$

où

$$d(01) = \frac{a}{2\sqrt{n_1}} = 2x + \frac{2x^2}{a} \sqrt{n_1}$$

$$d(02) = \frac{a}{2\sqrt{n_2}}$$

$$d(12) = 2x$$

et

$$x = \frac{a}{2\sqrt{n_1}} \left(1 - \frac{M}{C}\right)$$

En faisant varier les valeurs des tarifs de transport et les quantités transportées, l'on calcule le schéma optimal de centres de production. Deux exemples ont été fait l'objet du calculs: d'abord en utilisant différentes valeurs pour les tarifs, ensuite en utilisant différents quantités E; quelques résultats sont présentés aux tableaux 4.1 et 4.2.

Tableau 4.1. L'influence des tarifs de transport sur les schémas de localisation optimale

n_1	n_2	a	E_{01}	E_{02}	E_{10}	E_{12}	t_0	t_1	t_2	Dec % Δ^*	Con.	T
4	1	100	10	10	10	10	1	1	1	95%	Con.	2000
							1.1	1	1		2098	
							1	1.1	1		Con.	2050
							1	1	1.1		Con.	2050
							1.2	1	1	91%	2195	
							1.1	1.1	1	95%	2148	
							1	1.1	1.1	Con.	2200	
							.9	1	1.1	Con.	1950	
4	2						.9	1	1	Con.	1900	
							1	1	1	Con.	1414	
8	2						1.1	1	1	95%	1791	
							1	1	1	Con.	1000	

*) % Δ : 100% veut dire concentration

Tableau 4.2. L'influence des volumes transportés sur les schémas de localisation optimale

n_1	n_2	a	E_{01}	E_{02}	E_{10}	E_{12}	t_0	t_1	t_2	Dec % Δ^*	Con.	T
8	2	100	10	10	10	10	1	1	1		Con.	1414
			10	10	10	5				50%		1315
			10	10	10	1				10%		1127
			20	10	10	10				33%		1885
			10	20	10	10					Con.	2121
			10	10	20	10					Con.	1414
			10	10	10	20					Con.	1414
			5	10	10	10					Con.	1060
			10	5	10	10					Con.	1060
			10	10	5	10					Con.	1414
			10	10	1000	10					Con.	1414
			10	10	10	1000					Con.	1414
			11	10	10	10					90%	1481
			12	10	10	10					82%	1542
			13	10	10	10					74%	1598
18	10	10	10		43%	1818						

*) % Δ : 100% veut dire concentration

5. CONCLUSIONS

Dans l'exemple simplifié, présenté dans cette étude, l'on montre que seulement deux solutions sont pertinentes: concentration totale (type 3 seulement) et décentralisation totale (types 1 et 2); un combinaison des deux n'est jamais optimale dans ce modèle.

Les solutions des systèmes de Tinbergen-Bos doivent être entières, représentant le nombre des centres de chaque type; en cas de concentration il peut donc y avoir des solutions avec des centres de type 3 et 1 (voir aussi Kuiper, 1988); chaque centre de type 3 doit avoir le même nombre de firmes de type 2(=1) et de type 1, ce qui fait qu'il est possible qu'un nombre de firmes de type 1 reste vacant et doive être localisé séparément. Cette complication n'est pas reprise dans la présente étude.

L'interdépendance entre un certain nombre de variables économiques et le schéma optimal de localisation a été montrée dans les tableaux 4.1 et 4.2. Le schéma de localisation ne dépend que des valeurs des volumes transportés (tableau 4.2) et des tarifs de transport (tableau 4.1).

A partir de (4.2) et (4.5) on peut immédiatement expliquer certains résultats présentés dans les tableaux; la concentration de centres est optimale si (4.5) est satisfait, donc

$$t_2 E_{21} + t_1 E_{12} \geq t_1 E_{10} + t_0 E_{01}$$

Utilisant (4.2)

$$t_2 (E_{10} + E_{12} = E_{01}) + t_1 E_{12} \geq t_1 E_{10} + t_0 E_{01}$$

ou

$$(t_1 + t_2) E_{12} \geq (t_0 + t_2) E_{01} + (t_1 - t_2) E_{10} \quad (5.1)$$

Si tous les volumes transportés (E) sont égaux, (5.1) devient:

$$t_1 + t_2 \geq t_0 + t_2 + t_1 = t_2 \text{ ou } t_2 \geq t_0 \quad (5.2)$$

donc la concentration est optimale si les tarifs de transport du secteur 2 excèdent les tarifs relatifs aux produits agricoles; le tableau 4.1 confirme cette conclusion.

Si tous les tarifs sont égaux, (5.1) devient:

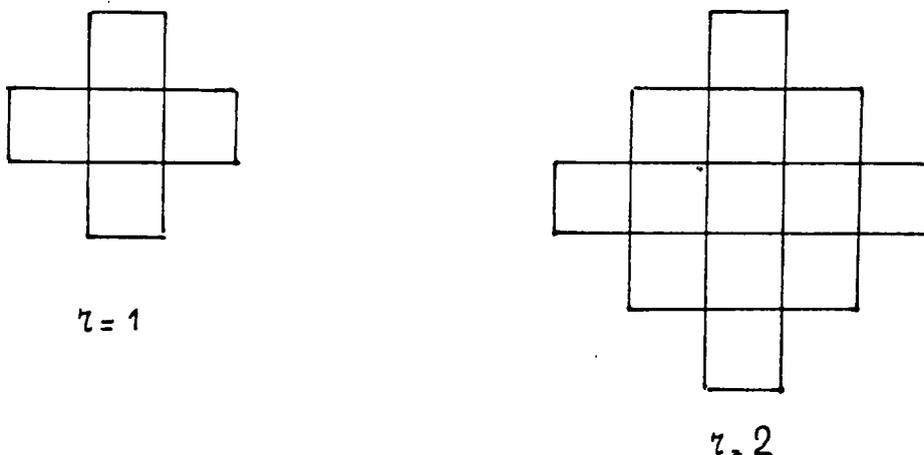
$$2 t E \geq 2 t E \text{ ou } E \geq E \quad (5.3)$$

donc la concentration est optimale si le volume du produit 1 transporté vers le secteur 2 excède le volume de produits agricoles transporté vers le secteur 1, le tableau 4.1 confirme cette conclusion.

Dans l'exemple traité où seulement un nombre très limité de firmes des secteurs 1 et 2 est présent, le nombre de firmes de type 1 est toujours un carré. De cette façon il était aisé de montrer dans un carré l'interdépendance de la localisation de firmes des secteurs 1 et 2. Montrer cette relation pour tout nombre admissible de firmes de type 1 et 2 fera l'objet de recherches futures.

L'on peut imaginer une forme plus flexible de l'aire où la production a lieu; dans la présente étude un carré (axa) est utilisé, limitant le nombre de centres couvrant l'espace. Sachant que chaque type de centre a son extension propre, l'on pourrait localiser le système de centres dans des cercles de Manhattan.

Figure 4.1. Cercles de Manhattan



En fonction du nombre de centres d'un certain type, un cercle de Manhattan de rayon approprié pourrait être utilisé. Dans la présente étude les systèmes optimaux ne montrent que des centres séparés de type 1 et 2, ou des centres concentrés de type 3; une combinaison des types n'est jamais optimale dans ce modèle. Cependant, l'on peut argumenter que dans un monde réel, tous les types doivent exister; même dans notre modèle il serait possible de trouver un système optimal contenant chaque type, dans le cas, par exemple, où l'on introduit différents tarifs pour différentes régions: ceci pourrait mener à des régions où des concentrations sont optimales et des régions où la décentralisation minimise les coûts de transport.

Notre étude montre que les modèles Tinbergen-Bos peuvent contribuer substantiellement à l'explication d'un type de localisation de centres de production à partir de relations économiques entre différents secteurs.

6. REFERENCES

- Kuiper, J.H. and Paelinck, J.H.P., "Tinbergen-Bos systems, revisited", in J.M. Pillu and B. Guesnier, *Modeles Economiques de la Localisation et des Transports*, ENPC, Paris, 1984, pp. 117-140.
- Paelinck, J.H.P. and Nijkamp, P., *Operational Theory and Method in Regional Economics*, Saxon House and Lexington, Farnborough and Massachusetts, 1975.
- Kuiper, J.H., Location patterns in Tinbergen-Bos systems, *Revue d'Economie Regionale et Urbaine*, no. 1., 1988.
- Kuiper, J.H., Coûts de transport dans certains modèles d'équilibre économique spatial, *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, no. ?, 1989.