

**MODELE DE GRAVITE ET FLUX RESIDUELS.
APPLICATION AUX MIGRATIONS INTERREGIONALES
EN FRANCE (1982-1990)**

Brigitte BACCAINI, Université de Paris I, Chargé de recherche à l'INED

Type : TD

Niveau : Licence

Durée : 2-3 heures

Thèmes : GEOGRAPHIE QUANTITATIVE, MODELES SPATIAUX,
MIGRATIONS, GEOGRAPHIE REGIONALE

Objectifs:

L'objectif est de familiariser les étudiants à l'analyse d'un modèle spatial. Dans le cas illustré, il convient de souligner ce qu'apporte un travail sur les résidus du modèle gravitaire par rapport à une analyse des flux bruts.

- Description du modèle de gravité, interprétation du paramètre affecté à la distance et des résidus du modèle ("flux résiduels").
- Cartographie et interprétation de deux indices montrant le caractère attractif ou répulsif des régions, une fois éliminés les effets de la distance et des populations en présence.
- Analyse de la configuration des flux résiduels interrégionaux en France au cours de la dernière période intercensitaire (avec en particulier une comparaison du comportement des différents groupes d'âges).

Documents:¹

- Tableau des paramètres du modèle de Pareto (tableau 1)
- Indices annuels d'attraction et de répulsion (tableau 2)
- Flux observés et flux estimés: exemple de trois couples de régions (tableau 3)
- Graphique bi-logarithmique: $M_{ij}/P_i P_j$ en fonction de D_{ij} .
- Cartes des flux résiduels 1982-1990 (population totale, personnes de 20-29 ans, personnes de 60 ans et plus).
- Deux fonds de carte.

Présentation du modèle de gravité :

Les migrations entre deux zones sont fortement liées à la distance entre ces deux zones et aux masses de population en présence. Le flux de migrants entre deux zones est proportionnel à la population de la zone de départ (capacité d'émission). Il est également proportionnel à la population de la zone d'arrivée (capacité de réception). Enfin, il est inversement proportionnel à une fonction de la distance qui sépare les deux zones (facteur de réduction des échanges). Plusieurs formulations du modèle gravitaire ont été proposées, nous avons retenu ici la forme Pareto :

$$M'_{ij} = k P_i P_j d_{ij}^a$$

avec: M'_{ij} : flux estimé de la zone i vers la zone j
 P_i et P_j : population initiale de la zone i et finale de la zone j
 d_{ij} : distance entre i et j
 k, a : paramètres à estimer.

Les paramètres k et a sont obtenus de façon à minimiser l'erreur d'estimation des flux selon le critère proposé par M. Poulain. Pour un flux M_{ij} , l'erreur d'estimation ou courant résiduel est égale à E_{ij} :

$$E_{ij} = (M_{ij} - M'_{ij})^2 / M'_{ij}$$

La qualité d'ajustement du modèle, notée R^2 , est obtenue en comparant l'erreur totale du modèle et l'erreur obtenue à l'aide d'un modèle utilisant des flux égaux entre toutes les zones.

$$R^2 = 1 - \left\{ \left[\sum_i \sum_j (M_{ij} - M'_{ij})^2 / M'_{ij} \right] / \left[\sum_i \sum_j (\bar{M}_{ij} - M_{ij})^2 / \bar{M}_{ij} \right] \right\}$$

\bar{M}_{ij} est le flux moyen observé:

$$\bar{M}_{ij} = \sum_i \sum_j M_{ij} / [n.(n-1)] \quad \text{avec } n, \text{ nombre d'unités spatiales}$$

¹ Source des documents: BACCAINI B., (1993, à paraître), "Régions attractives et régions répulsives entre 1982 et 1990", *Population*, n°6.

Définition des indices d'attraction et de répulsion:

Nous avons défini ici deux indices: l'indice annuel d'attraction et l'indice annuel de répulsion.
L'indice d'attraction pour une région donnée est la somme des *courants résiduels entrés* dans la région.

L'indice de répulsion pour une région donnée est la somme des *courants résiduels sortis* de la région.

Ces indices ont été divisés par la durée de la période intercensitaire, afin d'obtenir des indices annuels (et ainsi de pouvoir comparer les périodes intercensitaires successives, dont la durée est variable).

Analyse des documents:

1. Les paramètres a et k du modèle (tableau 1).

Que représentent ces paramètres ? Quelle est la signification du R^2 ?

Que peut-on dire de l'évolution de a entre 1975-82 et 1982-90 ? Donner quelques hypothèses explicatives.

Sur le graphique bilogarithmique ci-joint, la courbe d'ajustement de M'_{ij}/P_iP_j en fonction de D_{ij} a été représentée pour les personnes de plus de 60 ans.

Représenter la courbe des 20-29 ans et celle des 30-39 ans en procédant comme suit :

- a) choisir une valeur pour D_{ij}
- b) calculer la valeur théorique $M'_{ij}/P_iP_j = k.D_{ij}^a$
- c) tracez le point obtenu sur le graphique
- d) recommencez pour une autre valeur de D_{ij}
- e) tracez la droite

Beaucoup d'études démogéographiques montrent que le niveau de mobilité (fréquence des changements de résidence) diminue avec l'âge.

Comment cette baisse du taux de mobilité avec l'âge apparaît-elle sur le graphique ? Quel est le paramètre qui permet d'exprimer cela ?

Qu'en est-il de la portée spatiale des migrations ? Quelles explications peut-on donner à ce résultat ?

2. Les indices annuels d'attraction et de répulsion (tableau 2).

Quel est l'intérêt de ces indices par rapport à de simples taux d'immigration ou d'émigration (rapport du total des entrées ou des départs à la population moyenne de la région en milieu de période) ?

Cartographier ces deux indices.

Décrire et interpréter les cartes obtenues.

3. Directions préférentielles et effets de barrière.

Qu'appelle-t-on "résidu" de la régression ?

Pourquoi interprète-t-on un flux résiduel positif comme une "direction préférentielle", et un flux résiduel négatif comme un "effet de barrière" ?

Quel est l'intérêt de travailler sur ces flux résiduels au lieu des flux migratoires bruts ?

Compléter le tableau 3 en calculant pour les trois couples de régions: le flux estimé, le résidu et le résidu pondéré par la racine carrée du flux estimé.

Pourquoi pondère-t-on les résidus ?

Que peut-on dire des flux migratoires entre ces trois couples de régions ?

Décrire et interpréter les cartes des flux résiduels de la population totale entre 1982 et 1990.

Quelles sont les spécificités des échanges migratoires des jeunes (20-29 ans) d'une part, et des retraités (60 ans et plus) d'autre part ?

Rédiger une petite synthèse récapitulant l'intérêt du modèle gravitaire et les principaux résultats concernant les migrations interrégionales entre 1982 et 1990.

Bibliographie:

AUBRY B., (1988), "Les migrations interrégionales depuis trente ans", *Economie et Statistique*, n°212, 13-23.

BACCAINI B., (1993), "Régions attractives et régions répulsives entre 1982 et 1990: comparaison avec la période 1975-1982 et spécificité des différentes classes d'âge", *Population*, n°6.

POULAIN M., (1981), "Contribution à l'analyse d'une matrice de migration interne", Louvain, *Recherches Démographiques*, n°3.

POULAIN M., PUMAIN D., (1985), "Une famille de modèles spatiaux et leur application à la matrice des migrants interdépartementaux français, 1968-1975", *Espace, Populations, Sociétés*, n°1, 33-42.

PUMAIN D., (1986), "Les migrations interrégionales de 1954 à 1982: directions préférentielles et effets de barrière", *Population*, n°2, 378-388.

**Tableau 1 Valeurs des paramètres
(Modèle de gravité-Migrations interrégionales)**

	Pop totale 1975-1982	Pop totale 1982-1990	20-29 ans 1982-1990	30-39 ans 1982-1990	40-59 ans 1982-1990	60 ans et plus 1982-1990
paramètre a	-0,31	-0,40	-0,73	-0,35	-0,30	-0,15
paramètre k	0,00000013	0,00000021	0,0000011	0,0000013	0,00000035	0,00000019
R2	0,85	0,87	0,84	0,87	0,86	0,83

Modèle de Pareto: $M'_{ij} = k \cdot P_i P_j \cdot d_{ij}^a$

**Tableau 2 Indices annuels d'attraction et de répulsion
(population totale 1982-1990)**

	Indice d'attraction 1982-1990		Indice de répulsion 1982-1990	
	Indice	Rang	Indice	Rang
Ile de France 1	-25	7	124	1
Champagne-Ardenne 2	-66	13	-13	2
Picardie 3	-68	14	-33	6
Hte-Normandie 4	-83	17	-53	11
Centre 5	-13	5	-36	7
Basse-Normandie 6	-61	11	-47	10
Bourgogne 7	-35	9	-28	3
N-P-Calais 8	-224	21	-102	20
Lorraine 9	-126	20	-28	4
Alsace 10	-90	19	-87	19
Franche-Comté 11	-64	12	-39	8
Pays-Loire 12	-89	18	-87	18
Bretagne 13	-71	16	-83	17
Poitou-Charentes 14	-32	8	-39	9
Aquitaine 15	6	3	-74	15
Midi-Pyrénées 16	1	4	-73	14
Limousin 17	-22	6	-31	5
Rhône-Alpes 18	-70	15	-143	21
Auvergne 19	-59	10	-55	12
Lang-Roussillon 20	77	1	-56	13
Prov-Côte d'Azur 21	56	2	-75	16

**Tableau 3 Flux observés et flux estimés (pop totale)
Exemple de trois couples de régions**

région i	région j	Pi	Pj	Dij	Mij	M'ij	Mij-M'ij	(Mij-M'ij)/VM'ij
Ile-de-France	Prov-Côte d'Azur	10466196	2057729	623	136694			
Lorraine	Aquitaine	2372541	2745512	656	10241			
Rhône-Alpes	Nord-Pas de Calais	5138782	3927404	589	6414			



