



Transfert de modèle et mode du transfert

Denise Pumain

► To cite this version:

Denise Pumain. Transfert de modèle et mode du transfert. Colloque Géopoint Modélisation en géographie, 1992, Avignon, France. halshs-01625372

HAL Id: halshs-01625372

<https://shs.hal.science/halshs-01625372>

Submitted on 27 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

TRANSFERT DE MODELE ET MODE DU TRANSFERT

Denise PUMAIN

Université Paris I - I.N.E.D.

L'ambivalence des opérations de transfert de modèle est probablement l'un des aspects les plus fascinants de l'histoire des sciences. Sans doute réfléchit-on d'autant mieux à ces expériences qu'on en précise le domaine d'application. Je me limiterai dans ce qui suit à une catégorie bien particulière de problèmes posés à la géographie, qui concernent la prévision des mouvements ou de changements dans des systèmes comportant au moins deux niveaux d'observation : l'un dit "microscopique" et l'autre "macroscopique" ; celui des individus et celui des sous-systèmes, des entités géographiques formées par l'agrégation d'individus, prédéterminées par des limites administratives ou repérables empiriquement.

On se trouve donc en présence de systèmes hiérarchiques ouverts où les individus peuvent naître, mourir ou transformer leur état sur place ou migrer entre les sous-systèmes. La description des macro-structures, qui caractérisent le système dans son ensemble, peut être effectuée par des comptages, des dénombrements statistiques de l'état des individus composant chacun des sous-systèmes. Cette configuration a deux conséquences importantes pour la modélisation :

- modéliser veut dire dans ce cas là utiliser des modèles mathématiques ;
- le fait que des statistiques soient disponibles autorise une forme "d'expérimentation" du modèle, par confrontation avec des données d'observation.

Trois séries d'exemples illustrent deux interprétations possibles de la dialectique unissant la fécondité et les pièges du transfert de modèle, le "faire-semblant" autorisé par les mathématiques et les "faux-semblants" de l'analogie : le transfert peut être vu comme une source de progrès ou comme un simple changement de mode de pensée.

L'aventure gravitaire

L'un des transferts de modèles mathématiques à la géographie les plus réussis est celui du modèle gravitaire de Newton à l'étude des déplacements entre les unités géographiques (Fustier, 1988). Que retenir de l'histoire complexe de ses applications ?

- le modèle a l'intérêt de permettre de faire des calculs : déterminer la limite entre les zones de chalandise de deux centres commerciaux ou urbains, évaluer la demande de transport ou les flux de migration entre des zones géographiques, sont des opérations qui sont grandement facilitées par l'usage de cet instrument.

- l'emploi rigoureux du modèle mathématique dans des contextes variés a sensibilisé ses utilisateurs aux problèmes non résolus lors du transfert initial du modèle par les tenants de la "physique sociale" : ont été mises en cause très vite l'absence d'une valeur stable de la "constante de gravitation", la non unicité de la valeur de l'exposant, la nécessité d'établir une correspondance entre les unités de mesure des masses et la nature des flux engendrés, la confusion entre une distance -coût du déplacement et une distance qui résume la dimension d'un univers d'interactions potentielles (Stouffer), la forme de la fonction de la distance, la dépendance artefactuelle des estimations des valeurs de l'exposant avec le degré d'agrégation spatiale des données de flux (Poulain), voire la forme multiplicative de l'interaction des masses que W. Tobler a proposé de remplacer par une forme additive...

- ces difficultés et les limites d'une interprétation dans le cadre de l'analogie gravitaire ont conduit, par exemple, A. Wilson à rechercher une autre source du modèle, dans la théorie de l'information. On suppose que la configuration macroscopique la plus probable d'un système est celle qui correspond au plus grand nombre de configurations microscopiques indiscernables. Ce principe dit de "maximisation de l'entropie" est lui-même issu d'un transfert de modèle de la thermodynamique statistique (Boltzman), mais la reprise de la formulation mathématique n'implique pas ici une analogie entre le mouvement des personnes et celui des particules physiques. Au contraire, A. Wilson a explicité clairement la signification géographique des contraintes qui, pesant sur le processus mathématique, aboutissent à une équation des flux compatibles avec les observations (contrainte sur les origines et les destinations, contrainte du coût moyen d'un déplacement).

Plus satisfaisant que le précédent, sur le plan du transfert conceptuel, ce modèle laisse non résolue la question suivante : pourquoi l'état d'un système réel devrait-il à tout moment satisfaire le principe de maximisation de l'entropie, quelle nécessité sociale réglerait en ce sens le produit des interactions individuelles ? La curiosité se trouve alors relancée en direction des modèles dynamiques des systèmes géographiques et de leurs éventuels états d'équilibre.

A la lumière de cette histoire, trop brièvement reconstituée, il semble cependant qu'un transfert de modèle mathématique, même peu justifié sur le plan conceptuel au départ, ait pu conduire à des améliorations progressives, chaque nouvelle analogie ayant permis de résoudre au passage certains problèmes techniques insolubles dans le cas du modèle précédent. Le même type d'évolution semble se dessiner à propos des applications des modèles dynamiques.

Les paris de la dynamique

La modélisation dynamique des systèmes géographiques est conçue pour comprendre la structure de ces systèmes et pour tenter de prévoir les changements susceptibles de l'affecter. Bien que des formulations très diverses aient été employées (théorie des catastrophes, équations proie-prédateur), la plupart des modèles sont issus d'un transfert à partir des théories physico-chimiques de l'auto-organisation (structures dissipatives ou synergétiques). Dans l'exercice de transfert à des systèmes socio-spatiaux, on voit surtout le moyen de réconcilier le caractère contingent, libre et imprévisible voire erratique des actions individuelles avec la stabilité de structures macroscopiques régulières, relativement inertes, résultant des interactions microscopiques et dont la trajectoire quasi déterministe bifurque parfois de façon non prévisible du fait de l'amplification d'une fluctuation locale ou de l'arrivée d'une perturbation extérieure. On pourrait tout aussi bien interpréter ce transfert comme une opération visant à améliorer notre compréhension de l'apparition des structures macroscopiques contingentes, "gratuites", émergeant comme le produit inattendu voire insoupçonné des stratégies, des intentions et des objectifs sensés, fortement finalisés des acteurs qui, même s'ils ne sont qu'imparfaitement informés du contexte, savent en général ce qu'ils font (pour eux-mêmes).

Dans ces perspectives, les modèles mathématiques d'auto-organisation permettent de simuler le changement dans ce qu'il a d'interactif, de récursif, dans son aspect d'ajustement infinitésimal des effets en retour d'actions interférant avec l'évolution programmée des acteurs intentionnés.

La simulation à l'aide de ces modèles assume alors une stratégie paradoxale : il s'agit de traquer la non-prévisibilité posée en principe, d'en retrancher une dynamique générale (bien qu'estimée souvent à partir d'une seule de ses réalisations possibles), afin d'identifier les scénarios les plus probables dans le futur. Les méthodes de validation de ces expérimentations sont encore à perfectionner, et L. Sanders en rappelle, fort justement, la fragilité à propos de l'identification des bifurcations, si largement dépendante des échelles spatio-temporelles du référentiel utilisé.

Cependant, on voit s'établir au cours de ces expériences, des décalages récurrents : le modèle bifurque trop souvent par rapport aux rythmes de changement observé. La formulation mathématique est inadéquate. Faut-il s'en tenir à l'artefact, chercher à modifier le modèle ? On peut aussi penser avoir mis le doigt sur l'une des approximations les plus criantes accompagnant le transfert à partir des sciences physiques : la jonction entre les niveaux microscopiques et macroscopiques ne se réalise peut-être pas dans les sociétés humaines de la façon dont elle est décrite dans ces modèles. Il ne s'agit pas seulement de l'agrégation statistique des particules interchangeables de la thermodynamique ou de la cinétique chimique, non plus que des "corrélations à longue portée" des structures dissipatives ou des paramètres de "coopération" dans la modélisation particulière au moyen des équations maîtresses. Sans doute, le passage d'un niveau à l'autre s'effectue-t-il aussi au moyen d'institutions qui régissent l'agrégation, les comportements collectifs, qui introduisent de plus fortes régulations que celles qui s'expriment par l'interaction des seules actions individuelles : voilà pourquoi les systèmes socio-spatiaux bifurquent moins aisément, pourquoi ils admettent rarement un comportement chaotique. La confrontation aux modèles dynamiques incite à découvrir le véritable sens de la coopération, à quoi s'emploient par exemple certaines recherches menées, en intelligence artificielle (Huberman, 1991) à propos des systèmes cognitifs.

Là encore, c'est l'expérience du transfert qui amène à repenser l'analogie, à en chercher de plus adaptées et d'autres formes de modélisation.

Transfert et suridentification

Ainsi contée, l'histoire des deux aventures de modélisation est un peu trop belle : une analogie frappante entre des comportements de systèmes naturels et humains aurait incité à un transfert brutal de modèle mathématique, la confrontation aux données de l'expérience aurait conduit à affiner les paramètres et à réviser les concepts puis à changer d'analogie pour une autre plus adaptée, qui tienne compte des décalages numériques et interprétatifs entre l'observé et le simulé à l'aide du modèle. Pour une belle histoire de transfert qui montre un semblant de continuité (et à laquelle on n'arrive -l'avouerai-je ?- que par une lecture convenablement biaisée), combien d'impasses revisitées, d'agitations vaines et de captages sans lendemain de modèles à la mode ?

Un bon exemple peut en être donné par l'histoire de la modélisation de la distribution des tailles des villes. Qui ne s'en est occupé, d'Auerbach à Zipf, de Lotka à H. Simon ? Qui n'a proposé son analogie assortie de son modèle mathématique : des systèmes planétaires aux espèces biologiques, de la loi rang-taille à la distribution log-normale en passant par quinze autres "long-tailed" et "skewed" distributions, elle a été vue comme le produit de processus de

croissance tantôt déterministes et tantôt stochastiques, comme une expression du principe de maximisation de l'entropie, comme un objet fractal, comme un attracteur... On ne lui prête pas moins d'interprétations contradictoires : elle est tenue par les uns pour un modèle d'organisation, pour d'autres c'est un parangon de désordre ; d'aucuns la traitent sur le mode banal, d'autres en font une norme, voire un révélateur du degré d'intégration de systèmes...

Tous ces transferts se justifient parce que, à l'instar des modèles gravitaires, de très nombreux modèles mathématiques s'ajustent bien aux données d'observation, tant elles sont régulières. Mais tous ces transferts achoppent sur le même problème déjà évoqué par Quandt (1964) et Robson (1973), qui est celui de la suridentification des modèles : la réalité qu'ils sont censés décrire n'est pas assez spécifiée, des quantités de modèles différents pourraient en rendre compte aussi bien. La distribution des tailles de villes peut recevoir autant d'explications qu'en ont reçues toutes les distributions fortement dissymétriques, mais jamais ces modèles mathématiques n'expliqueront pourquoi on a une telle distribution précisément dans le cas des villes. La distribution des tailles des villes est une description trop parcimonieuse, elle oublie la configuration spatiale du système des villes, laquelle est une composante essentielle de sa dynamique. C'est seulement en décrivant correctement un système de villes dans sa spécificité géographique qu'un modèle mathématique a une chance d'apporter quelque chose de nouveau à la connaissance des réseaux urbains. Il ne reste autrement, selon l'expression de Christaller "qu'un simple jeu de nombres".

Le problème inverse apparaît aussi parfois lorsque le transfert concerne un modèle mathématique avec une foule de paramètres, dont plusieurs ne reçoivent pas d'interprétation directe, dans le système géographique correspondant : ainsi, lors de certaines applications de l'analyse spectrale, ou encore des modèles dynamiques proie-prédateur (Dendrinos, Mullaly, 1985). L'expérimentation du modèle apporte un résidu d'informations non exploitables.

On comprend bien la fascination des chercheurs pour la mode des modèles qui passent, et leur désir de s'approprier cette forme nouvelle de pensée par un transfert sur les objets de leurs obsessions habituelles.

Des transferts mal adaptés ne portent cependant pas toujours de fruits, et on ne peut que recommander une grande vigilance à l'importation de concepts et de modèles mathématiques -cela certes si l'on croit un peu que l'activité scientifique est orientée par l'idée de progrès et non par le simple passage des modes, faute de quoi, l'expression de sciences humaines restera longtemps en grec un oxymoron, et le latin simulare (si,sol do fa) une chanson.

REFERENCES

- Allen P., 1991 - Evolutionary Models of Humain Systems : Urban and Rural Landscapes on Self-Organizing Systems. I.N.E.D., communication au Séminaire "Temporalités urbaines".
- Dendrinos D.S., Mullaly H., 1985 - Urban Evolution : Studies in the Mathématique Ecology of Cities. Oxford, Oxford University Press.
- Fustier B., 1988 - Les interactions spatiales, in C. Ponsard ed. Analyse économique spatiale, Chap. 5.
- Haag G., 1989 - Dynamic decision theory : applications to urban and regional topics. Dordrecht, Kluwer.
- Huberman B., 1991 - Dynamics of Expectations. Palo Alto, system Sciences Laboratory, n° 70, 23 p.
- Sanders L., 1992 - Système de villes et synergetique. Paris, Economica.
- Weidlich W., 1991 - Physics, Synergetics and Social Sciences, Université de Stuttgart.