

Vers des Modèles Couplant Développement Urbain et Croissance des Réseaux de Transport

Synthèse de mi-thèse

JUSTE RAIMBAULT

Octobre 2016

Du positionnement général *L'ambition de cette thèse est de ne pas avoir d'ambition.* Cette entrée en matière, rude en apparence, contient à différents niveaux les logiques sous-jacentes à notre processus de recherche. Au sens propre, nous nous plaçons tant que possible dans une démarche constructive et exploratoire, autant sur les plans théoriques et méthodologiques que thématique, mais encore proto-méthodologique (outils appliquant la méthode) : si des ambitions unidimensionnelles ou intégrées devaient émerger, elles seraient conditionnées par l'arbitraire choix d'un échantillon temporel parmi la continuité de la dynamique qui structure tout projet de recherche. Au sens structurel, l'auto-référence qui soulève une contradiction apparente met en exergue l'aspect central de la réflexivité dans notre démarche constructive, autant au sens de la récursivité des appareils théoriques, de celui de l'application des outils et méthodes développés au travail lui-même ou que de celui de la co-construction des différentes approches et des différents axes thématiques. Le processus de production de connaissance pourra ainsi être lu comme une métaphore des processus étudiés. Enfin, sur un plan plus enclin à l'interprétation, cela suggérera la volonté d'une position délicate liant un positionnement politique dont la nécessité est intrinsèque aux sciences humaines (par exemple ici contre l'application technocratique des modèles, ou pour le développement d'outils luttant pour une science ouverte) à une rigueur d'objectivité plus propre aux autres champs abordés, position forçant à une prudence accrue.

Des objectifs scientifiques *L'objectif d'une variété.* Un objectif est différent d'une ambition, et ceux-ci sont ainsi pour nous clairement fixés sur différents aspects et à différents niveaux. L'objectif principal du point de vue du géographe est d'enrichir l'état de la connaissance sur les processus co-évolutifs entre territoires et réseaux (la définition de ces termes et l'appareil théorique associé faisant parties intégrantes des sous-objectifs), par l'entrée particulière des réseaux de transports et dans une perspective axée premièrement sur la modélisation. Les aspects géographiques peuvent se décliner en sous-objectifs sur des plans variés :

1. Etablir par une étude d'épistémologie qualitative et quantitative le paysage scientifique associé à notre objectif principal, notamment sa diversité lié aux disciplines variées y étant associées.
2. Extraire des faits stylisés empiriques sur les processus liant territoires et réseaux, à différentes échelles temporelles et spatiales et sur différents cas d'étude.
3. Construire des modèles de croissance urbaine et/ou de croissance des réseaux, pouvant aller du modèle jouet au modèle semi-paramétrisé, dans le but d'être soit des outils exploratoires soit des briques élémentaires d'une famille de modèles de co-évolution des réseaux et des territoires.

4. Par émergence issue de l'interaction des objectifs précédents, élaborer une théorie géographique des *systèmes territoriaux réticulaires co-évolutifs*.

Des objectifs dont les aspects pouvant être classifiés à dominante plutôt méthodologique ou proto-méthodologique (même s'il est clair que dans la pratique l'ensemble des objectifs est complémentaire et entrelacé de manière *complexe*) viennent ensuite s'ajouter :

5. Exercices de style sur différentes questions horizontales fondamentales à l'étude des systèmes complexes, liés de près ou de loin au sujet thématique, dans le but d'un apport méthodologique.
6. Développement d'outils (libres et ouverts) et de techniques, que ce soit au niveau de problèmes précis ou au niveau de l'organisation générale du travail de recherche.

Enfin, l'articulation de ces différents objectifs devrait servir un objectif plus large :

7. Construction d'un programme de recherche par la mise en évidence et en cohérence de grands axes structurants restant à explorer pour l'étude des systèmes territoriaux complexes.

Du contenu courant *L'auto-organisation prend souvent l'architecture de court.* Une grande partie du travail résumé ci-dessous est organisé sous forme provisoire dans [Raimbault, 2016f] qui peut être lu comme complément à cette synthèse, mais dont le plan, suivant l'adage précédent, ne témoigne pas d'une éventuelle architecture finale. Les résultats présentés par la suite sont à mettre chacun en relation avec l'un ou plusieurs des objectifs précédents. Une exploration algorithmique de la littérature a été menée dans [Raimbault, 2015b], suggérant un cloisonnement des domaines scientifiques s'intéressant à notre sujet. Des méthodes plus élaborées ainsi que les outils correspondants (collecte et analyse des données), couplant une analyse sémantique au réseau de citations, ont été développées pour renforcer ces conclusions préliminaires [Raimbault, 2016d]. L'application au corpus de la revue *Cybergeog* (*article en finition, cible Scientometrics*) démontre le potentiel d'application à notre sujet. Ces outils font partie d'une dynamique plus large de développement d'un logiciel libre d'analyse bibliométrique (*article en préparation avec coauteurs, voir [Chasset et al., 2016]*). Ces premiers résultats d'épistémologie quantitative confirment l'intérêt d'une modélisation couplant des processus relevant de différentes échelles et domaines d'études. Concernant l'analyse empirique, une étude des corrélations statiques entre mesures de forme urbaine et mesures de forme de réseau a pu révéler la non-stationarité spatiale de leurs interactions [Raimbault, 2016b]. Cet aspect a aussi été mis en évidence dans l'espace et le temps à une échelle microscopique lors de l'étude des dynamiques d'un système de transport [Raimbault et al., 2016], conjointement avec l'hétérogénéité des processus pour un autre système [Raimbault, 2015a]. Ces faits stylisés valident pour l'instant l'utilisation de modèles de simulation complexes, pour lesquels des premiers efforts de modélisation ont ouvert la voie vers des modèles plus élaborés. A l'échelle mesoscopique, des processus d'aggrégation-diffusion ont été prouvés suffisant pour reproduire un grand nombre de formes urbaines avec un faible nombre de paramètres, calibrés sur l'ensemble du spectre des valeurs réelles des indicateurs de forme urbaine pour l'Europe (*article en finition, cible PlosOne*). Ce modèle simple a pu, à l'occasion d'un article méthodologique explorant le possibilité de contrôle au second ordre de la structure de données synthétiques [Raimbault, 2016c], être couplé faiblement à un modèle de génération de réseau, démontrant une grande latitude de configurations potentiellement générées. L'exploration de différentes heuristiques autonomes de génération de réseau a par ailleurs été entamée [Raimbault and Gonzalez, 2015]. A l'échelle macroscopique, un modèle simple de croissance urbaine calibré dynamiquement sur les villes françaises de 1830 à 2000 a permis de démontrer l'existence d'un effet réseau de par l'augmentation de pouvoir explicatif du modèle lors de l'ajout d'un effet des flux transitant par un réseau physique [Raimbault, 2016e].

[Le Néchet and Raimbault, 2015] : LUTECIA

[Antelope et al., 2016]

[Raimbault, 2016a] [Raimbault et al., 2016] [Serra and Raimbault, 2016]

Du contenu final *La route est longue mais la voie est libre.*

References

- [Antelope et al., 2016] Antelope, C., Hubatsch, L., Raimbault, J., and Serna, J. M. (2016). An interdisciplinary approach to morphogenesis. *Forthcoming in Proceedings of Santa Fe Institute CSSS 2016*.
- [Chasset et al., 2016] Chasset, P.-O., Cottineau, C., Commenges, H., and Raimbault, J. (2016). cybergeo20 v1.0, doi 10.5281/zenodo.53905.
- [Le Néchet and Raimbault, 2015] Le Néchet, F. and Raimbault, J. (2015). Modeling the emergence of metropolitan transport authority in a polycentric urban region. In *Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements*, volume 7.
- [Raimbault, 2015a] Raimbault, J. (2015a). Hybrid modeling of a bike-sharing transportation system. In *International Conference on Computational Social Science*.
- [Raimbault, 2015b] Raimbault, J. (2015b). Models coupling urban growth and transportation network growth: An algorithmic systematic review approach. *Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements*, 7(15).
- [Raimbault, 2016a] Raimbault, J. (2016a). A discrepancy-based framework to compare robustness between multi-attribute evaluations. *Forthcoming in Proceedings of CSDM 2016. arXiv preprint arXiv:1608.00840*.
- [Raimbault, 2016b] Raimbault, J. (2016b). For a cautious use of big data and computation. In *Royal Geographical Society-Annual Conference 2016-Session: Geocomputation, the Next 20 Years (1)*.
- [Raimbault, 2016c] Raimbault, J. (2016c). Generation of correlated synthetic data. In *Actes des Journées de Rochebrune 2016*.
- [Raimbault, 2016d] Raimbault, J. (2016d). Indirect bibliometrics by complex network analysis. In *20e Anniversaire de Cybergeo*.
- [Raimbault, 2016e] Raimbault, J. (2016e). Models of growth for system of cities: Back to the simple. In *Conference on Complex Systems 2016*.
- [Raimbault, 2016f] Raimbault, J. (2016f). *Towards Models Coupling Urban Growth and Transportation Network Growth. First year preliminary memoire*. DOI : <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.60538>. PhD thesis, Université Paris-Diderot - Paris VII.
- [Raimbault et al., 2016] Raimbault, J., Bergeaud, A., and Potiron, Y. (2016). Investigating patterns of technological innovation. In *Conference on Complex Systems 2016*.
- [Raimbault and Gonzalez, 2015] Raimbault, J. and Gonzalez, J. (May 2015). Application de la morphogénèse de réseaux biologiques à la conception optimale d’infrastructures de transport. In *Rencontres du Labex Dynamites*.
- [Serra and Raimbault, 2016] Serra, H. and Raimbault, J. (2016). Game-based tools to transmit freshwater ecology concepts. In *SETAC 2016*.