

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

## *Plan de Thèse*

JUSTE RAIMBAULT

May 30, 2017

### **Echéancier**

#### **1 juillet 2017**

- Introduction, 1.1, 2.1 et 2.2 : complets
- 2.3 : Méthodologie, résultats partiels
- Chapitre 3 complet
- Chapitre 4 complet
- 5.1 : état courant du papier [Antelope et al., 2016] (études d'épistmo quanti supplémentaires en cours)
- 5.2 et 5.3 complets
- 6.1 : Méthodologie, résultats partiels
- 6.2 et 6.3 complets
- Chapitre 9 version provisoire

#### **1 aout 2017**

- 1.2 complet
- Chapitre 2 complet (sauf interviews ; reste 2.3)
- Chapitre 5 complet (reste 5.1)
- Chapitre 6 complet (reste 6.1)
- 8.3 complet (Lutecia)

**1 septembre 2017 (fin terrain Chine)**

- Chapitre 1 complet (reste 1.3 : terrain qualitatif)
- Chapitre 7 complet
- Chapitre 8 complet (reste 8.1 et 8.2)
- Chapitre 9 complet (finalisation)
- Conclusion provisoire

**Du 1er septembre au 15 décembre 2017** *Ajustements, Complément 2.3 par interviews, corrections, annexes, traduction.*

---

# Plan

## Introduction

*Introduction du sujet par exemples concrets ; cadre scientifique ; interdisciplinarité ; sciences des systèmes complexes ; complexité en géographie*

### Part I

## Fondations

### 1 Interactions entre Réseaux et Territoires

#### 1.1 Réseaux et Territoires

*Revue de Littérature thématique ; construction de la question de recherche : introduction progressive de la problématique de co-évolution, précision des objets (réseaux et territoires)*

#### 1.2 Etude de cas

*Collection de situations concrètes d'interactions entre réseaux et territoires ; les cas du Grand Paris et du Delta de la Rivière des Perles*

#### 1.3 Recherche Qualitative

*Une expérience en observation flottante : les transports en région parisienne et dans le Delta de la Rivière des Perles*

## 2 Modéliser les Interactions entre Réseaux et Territoires

### 2.1 Etat de l’art

*Modéliser en Géographie Théorique et Quantitative ; revue inter-disciplinaire des modèles de croissance urbaine et de réseau*

### 2.2 Modélographie

*“Classification” systématique des modèles existants : processus, échelles, cas d’application (restant à un niveau meta pour les types de modèles pour lesquels on se base déjà sur une revue, par exemple LUTI)*

### 2.3 Une Approche Epistémologique

**Interviews** *Analyse d’interviews d’acteurs académiques sur la question des modèles de co-évolution*

**Revue systématique algorithmique** *Etude algorithmique du paysage scientifique sur les interactions entre réseaux et territoires [Raimbault, 2015b] : des domaines très cloisonnés*

**Bibliométrie indirecte par hyperréseau** *Raffinement de l’étude précédente par couplage du réseau de citation au réseau sémantique : méthode présentée dans [Raimbault, 2016d]*

## 3 Positionnements

### 3.1 Reproductibilité

*Etudes de cas sur la reproductibilité ; illustration concrète et leçons générales*

### 3.2 Données massives, computation et exploration des modèles

*Pour un usage précautionneux des données massives et de la computation : rationnelle de [Raimbault, 2016b]*

*Pour une connaissance plus fine et systématique du comportement des modèles : utilisation de données synthétiques pour un contrôle sur les conditions initiales (projet Space Matters [Cottineau et al., 2015])*

### 3.3 Positionnement épistémologique

*Pour une science anarchiste (Feyerabend) ; compatibilité avec le Perspectivisme de Giere et pourquoi celui-ci est particulièrement adapté aux paradigmes de la complexité ; multiplicité des lectures de la thèse (voir annexe réflexivité, au delà d’une lecture linéaire) → presentation JIG et papier CSDM 2017*

## Part II

## Matériaux

## 4 Interactions à l’Echelle Microscopique

### 4.1 Equilibre Utilisateur Statique

*Investigation de l’existence empirique de l’Equilibre Utilisateur Statique [Raimbault, 2016e]*

## 4.2 Transport Routier et déterminants des coûts

*Paper energy price : justify the presence of a hidden network. Unveils again non-stationarity, and modular structure of territorial systems*

## 4.3 Transactions immobilières et Grand Paris

*Recherche de corrélations et/ou causalités entre transactions immobilières (base BIEN) et tracé du réseau du métro du Grand Paris : Papier Sageo*

# 5 Morphogenèse Urbaine

## 5.1 Une approche interdisciplinaire de la Morphogenèse

*Construction épistémologique d'une définition unifiée de la morphogenèse [Antelope et al., 2016]*

## 5.2 Morphogenèse Urbaine par Aggregation-Diffusion

*Modèle de croissance urbaine par processus d'aggregation diffusion, reproduit de manière fine l'ensemble des morphologies urbaines existantes en Europe*

## 5.3 Génération de systèmes corrélés

*Couplage faible du modèle précédent à une heuristique de génération de réseau, permet de générer des système couplés à la corrélation contrôlée [Raimbault, 2016c]*

# 6 Théorie Evolutive Urbaine

## 6.1 Correlations entre Forme Urbaine et Forme de Réseau

*Les corrélations spatiales entre indicateurs de forme urbaine et de forme de réseau révèlent la non-stationnarité des interactions, qui peut être reliée à la non-ergodicité sous certaines hypothèses [Raimbault, 2016b]*

## 6.2 Causalités spatio-temporelles

*Exploration synthétique des régimes de causalité du modèle RBD [Raimbault et al., 2014] par la méthode de granger étendue - application de la méthode aux données sud-africaines (presentation ECTQG)*

## 6.3 Effets de Réseaux révélés par un modèle de croissance macroscopique

*Modèle de Gibrat étendu par interactions gravitaires au premier ordre, par retroaction des flux physiques au second ordre [Raimbault, 2016f], révèle effets de réseaux par validation du modèle étendu via critère d'Akaike empirique*

## Part III

# Co-évolution

## 7 Co-evolution à l'échelle macroscopique

### 7.1 Exploration de SimpopNet

*Exploration systématique de SimpopNet : quelle connaissances supplémentaires tire-t-on ?*

### 7.2 Extension du modèle d'interaction

*Extension co-évolutive du gibrat-interaction → Conférence medium mi-juin*

### 7.3 Modèle SimpopSino

*Adaptation du modèle pour le système de ville Chinois*

## 8 Co-evolution à l'échelle mesoscopique

### 8.1 Co-evolution des formes

**Modèle de Morphogenèse Urbaine** *Couplage faible de [Raimbault, 2016c] rendu fort, induisant un modèle de morphogenèse incluant la co-évolution ; calibration du modèle → presentation @CCS17*

*Régimes de causalité, calibration au second ordre (correlations)*

### 8.2 Comparaison des heuristiques de réseau

*Comparaison de différentes heuristiques de réseau couplées au modèle précédent (par exemple génération de réseau biologique [Raimbault and Gonzalez, 2015])*

### 8.3 Lutetia : un modèle de co-évolution incluant la gouvernance des systèmes de transports

**Modèle** *Modèle de co-évolution sur le temps long, couplant un LUTI à un module de gouvernance des transports basé sur la théorie des jeux, pour le développement du réseau [Le Néchet and Raimbault, 2015]*

**Application au Delta de la Rivière des Perles** *Application de Lutecia au cas réel de la Mega-city Region du PRD.*

## 9 Ouverture

*Constructions théoriques successives, avec un niveau meta progressif*

### 9.1 Une Théorie des Systèmes Territoriaux Co-évolutifs en Réseau

*Développement de la théorie géographique co-construite avec les autres domaines de la thèse, qui couple l'entrée morphogénétique avec la théorie évolutive des villes [Raimbault, 2016g]*

### 9.2 Une Théorie abstraite pour modéliser les systèmes socio-techniques

*Méta-théorie pour formaliser des perspectives de modélisations multiples sur les systèmes socio-techniques*

### 9.3 Un cadre de connaissances pour une géographie intégrée

*Précision du cadre de connaissances, basé sur les fondements épistémologiques introduits en 3.3. Mise en perspective de la connaissance produite par la thèse comme illustration de la co-évolution des connaissances en Géographie Théorique et Quantitative [Raimbault, 2017]*

## Conclusion

### Perspectives

**Développements Spécifiques** *Projets de recherche détaillés issus de divers développements (par exemple communication scientifique [Serra and Raimbault, 2016] ; épistémologie quantitative [Raimbault et al., 2016] ; science ouverte [Chasset et al., 2016])*

**Vers un Programme de Recherche** *Synthèse des axes de recherche révélés tout au long de la thèse, proposition d'un programme de longue durée pour l'étude des systèmes territoriaux complexes*

### Conclusion générale

## Annexes

### 10 Supplementary Information

#### 10.1 Dérivations

*Dérivations Analytiques pour diverses parties de la thèse*

#### 10.2 Exploration des Modèles

*Explorations raffinées pour certains modèles ; applications compagnon d'exploration interactive*

### 11 Développements Méthodologiques

#### 11.1 A Unified Framework for Models of Urban Growth

*The various model we will develop could enter a unified framework ; derivation of the link between Gibrat and Simon models*

#### 11.2 Sensitivity of Urban Scaling to City Definition

*Analytical validation of the sensitivity of scaling exponents to city definition in a simple model or urban form*

#### 11.3 Quantifying Robustness through Discrepancy

*Complex systems are by nature multi-objective : in the particular case of multi-attribute evaluations, we introduce a framework to quantify robustness independently of the model, based on data discrepancy [Raimbault, 2016a]*

## 12 Développements Thématiques

*Laiius introductif : approche unifiée des Systèmes Complexes, positionner chaque développement dans une vision synthétique globale.*

### 12.1 Données synthétiques

*Développement de [Raimbault, 2016c] dans le champ de la Finance Quantitative*

### 12.2 Epistémologie Quantitative

*CybergeonNetworks : détails méthodologiques, résultats sur Cybergeon. Résultats sur les Brevets.*

### 12.3 Système de Transport en partage

*[Raimbault, 2015a] montre l'hétérogénéité et la complexité des interactions à l'échelle microscopique*

## 13 Reflexivité

*Application des outils d'épistémologie quantitative à la thèse elle-même ; statistiques détaillées des différents projets ; graphe des concepts et parties de la thèse (application compagnon ?) et proposition de pistes alternatives de lecture*

## 14 Bases de Données

*Description des bases créées dans le cadre de la thèse : réseau routier simplifié pour l'Europe ; trafic routier en Ile de France ; Données VLib sur 3ans ; Autoroutes dynamiques*

## 15 Logiciels et Packages

*Packages réutilisables développés dans le cadre de la thèse : largeNetworkR ; Scientific Corpus Mining*

## 16 Architecture et Source

*Architecture et Source des modèles de simulation et d'analyse de données*

## 17 Productivité

*Outils ouverts pour une productivité scientifique améliorée*

## 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.

- [Cottineau et al., 2015] Cottineau, C., Le Néchet, F., Le Texier, M., , Raimbault, J., and Reuillon, R. (2015). Revisiting some geography classics with spatial simulation. In *Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements*, volume 7.
- [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). Investigating the empirical existence of static user equilibrium. *Forthcoming in Transportation Research Procedia, EWGT2016. arXiv preprint arXiv:1608.05266*.
- [Raimbault, 2016f] Raimbault, J. (2016f). Models of growth for system of cities: Back to the simple. In *Conference on Complex Systems 2016*.
- [Raimbault, 2016g] Raimbault, J. (2016g). Towards a Theory of Co-evolutive Networked Territorial Systems: Insights from Transportation Governance Modeling in Pearl River Delta, China. In *Medium Seminar - Urban Sustainable Development in Zhuhai, Guangzhou, China*. Sun Yat-Sen University.
- [Raimbault, 2017] Raimbault, J. (2017). Co-construire modèles, études empiriques et théories en géographie théorique et quantitative : le cas des interactions entre réseaux et territoires. In *présentation à venir aux 13èmes Rencontres Theo Quant, Mai 2017*.
- [Raimbault et al., 2014] Raimbault, J., Banos, A., and Doursat, R. (2014). A hybrid network/grid model of urban morphogenesis and optimization. In *Proceedings of the 4th International Conference on Complex Systems and Applications (ICCSA 2014), June 23-26, 2014, Université de Normandie, Le Havre, France; M. A. Aziz-Alaoui, C. Bertelle, X. Z. Liu, D. Olivier, eds.: pp. 51-60*.
- [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*.