

Un Cadre de Connaissances pour une Géographie Intégrée

J. Raimbault^{1,2}
juste.raimbault@parisgeo.cnrs.fr

¹UMR CNRS 8504 Géographie-cités

²UMR-T IFSTTAR 9403 LVMT

JIG 2017 - Paris
6 Avril 2017

Un Alternatif Auto-organisé

Les mutations des objets entraînent des mutations épistémologiques : cf. Habitat participatif H. Milet ; l'instrumentalisation des objets est conditionnée aux mutations des positionnement épistémologiques ou politiques : cf. squat artistique J. Pinard.

De même pour la mutation des techniques et méthodes : différentes réactions possibles au même phénomène, comme l'emphase sur les données massives [Batty, 2012] ou sur le calcul intensif [Pumain and Reuillon, 2017]

→ Quelle intégration des différentes composantes de la connaissance ?

⚠ Enfoncer des portes ouvertes ? Si personne n'y rentre sont-elles vraiment ouvertes ? cf. [Legavre, 1996]

Objectif

Le cadrage épistémologique comme outil pour comprendre et guider l'intégration ?

Cadres existants (exemples dans d'autres disciplines) : [Carlile, 2004] : sociologie de l'innovation ; [Durantin et al., 2017] : entre ingénierie et design ; [Gemino and Wand, 2004] : évaluation des grammaires dans les systèmes d'information ; [Cottineau et al., 2015] : Cadre de multi-modélisation pour le test d'hypothèses.

Question de recherche : *Quel cadre pour rendre compte de la nature complexe des constructions de connaissances, et tirer parti de celle-ci de manière réflexive ?*

Contexte

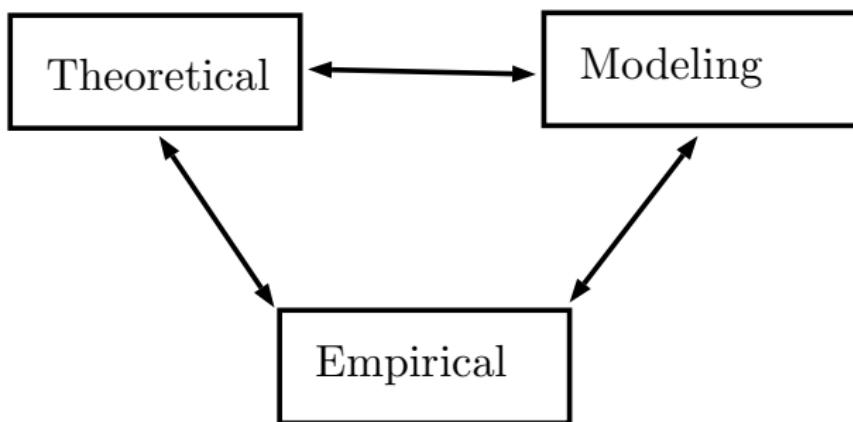
Géographie Théorique et Quantitative : Un renouvellement de la géographie, plus subtil qu'un simple apport de méthodes mathématiques [Pumain and Robic, 2002] ; une exception francophone ? [Cuyala, 2013]

Contraintes pour le cadre

- ① Intégration des disciplines (objets géographiques par nature interdisciplinaires)
- ② Intégration des domaines de connaissance : pas de composante privilégiée
- ③ Au delà des frontières artificielles “quantitatif-qualitatif” : intégration des méthodes

Cadre de base

Cadre initial proposé par [Livet et al., 2010] : Interaction et complémentarité des domaines de connaissance



Fondements Epistémologiques

1. Une approche cognitive de la Science [Giere, 2010b] : les *agents scientifiques* [Giere, 2010a] à l'origine des dynamiques co-évolutives des connaissances. Cadre épistémologique du perspectivisme [Giere, 2010c].
2. Compatible avec une *science anarchiste* à la Feyerabend [Feyerabend, 1993] : auto-organisation et émergence des connaissances
3. Extrême sur la “check-list” de Hacking [Hacking, 1999] (au delà de Kuhn) :
 - contingence maximale de par la nature dépendante au chemin du processus complexe de co-évolution des connaissances
 - degré de constructivisme maximal dans la posture perspectiviste
 - stabilité des sciences fortement couplée entre origine interne et externe de par le rôle des agents

Formulation (I)

Definition. La morphogenèse d'un système implique des relations circulaires causales et souvent autonomes entre les niveaux d'émergence ([Bedau, 2002]) entre *forme* et *fonction* [Antelope et al., 2016], et exhibe dans ce sens une architecture émergente [Doursat et al., 2012].

Fait stylisé. Il existe des processus de production de connaissances scientifiques morphogénétiques, constitués d'ensemble de *perspectives*, et impliquant une co-évolution des vecteurs (agents) et de domaines de connaissance (def. ci-dessous).

Postulat. La TQG en fait majoritairement partie et est en ce sens précurseur d'une *Géographie Intégrée*. [Note : appel aux épistémologues, démonstration systématique à effectuer]

Formulation (II)

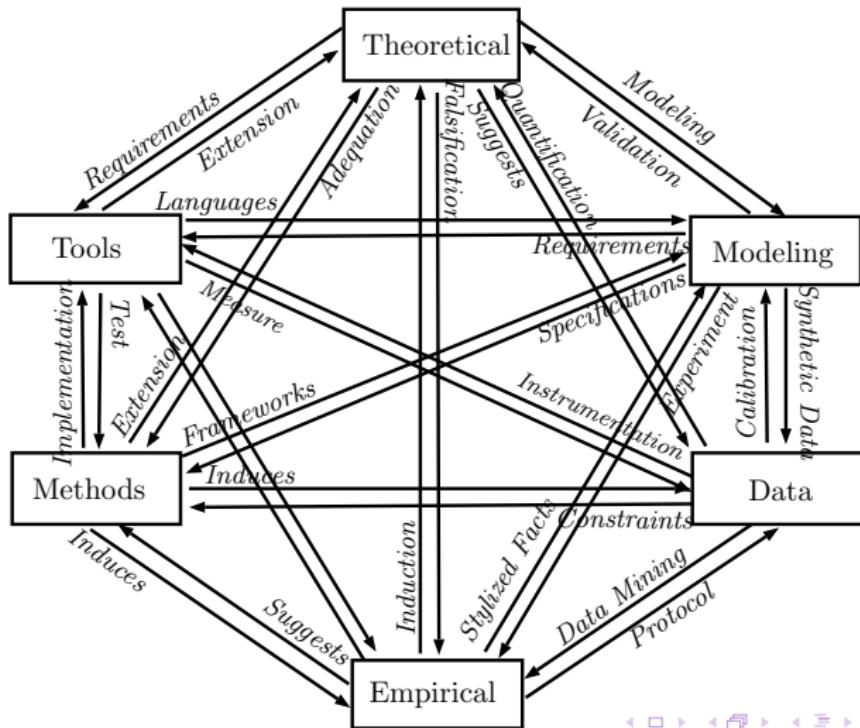
Définition des domaines.

- **Empirique** Connaissances empiriques sur des cas réels
- **Théorique** Construction cognitives plus générales
- **Modélisation** *Medium* formalisé de la perspective, ou tout modèle au sens de Varenne [Varenne, 2010]
- **Données** Information brute qui a été captée
- **Méthodes** Structures génériques de production de connaissances
- **Outils** Proto-méthodes et supports des autres domaines

Corolaire. La distinction entre “quantitatif” et “qualitatif” est arbitraire et sans intérêt pour la production dans ce cadre, de par la nécessité de l’ensemble de leur composantes dans l’ensemble des domaines.

Illustration

Projection de l'espace des connaissances comme graphe complet (qualifications arbitraires pour les relations binaires)



Implémentation (I)

Implémentation : Cadre meta, pouvant a priori être traduit dans la plupart des conceptions du modèle

- Modèles de simulation
- Modèles statistiques ou mathématiques
- Modèles de données
- Modèles conceptuels

Science Ouverte : Reproductibilité et transparence **totales** (sous conditions éthiques) postulées comme nécessaires (positionnement “politique” à ce stade, pourrait être étudié systématiquement [Fanelli et al., 2017]). Outils libres et ouverts, collaboratifs etc. (git : cf. [ReScience, 2015] Journal of Replicated Science)

Implémentation (II)

⚠ Pièges classiques (exemples) : *aucun des domaines ne s'improvise*

- Usage aveugle, non informé ou faux de méthodes et outils (simulation de modèles résolus, complexité d'execution inutile, camouflage de lacunes méthodologiques)
- Etude quantitatives poussées déconnectées de toute théorie : réinvention de l'eau chaude, arrogance disciplinaire [Dupuy and Benguigui, 2015]
- Usage inconsidéré des données non-conventionnelles [Rimbault, 2016a] [Gallotti et al., 2017]

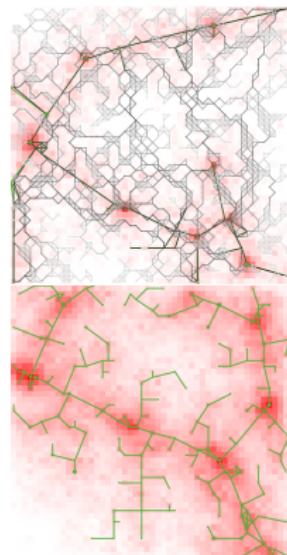
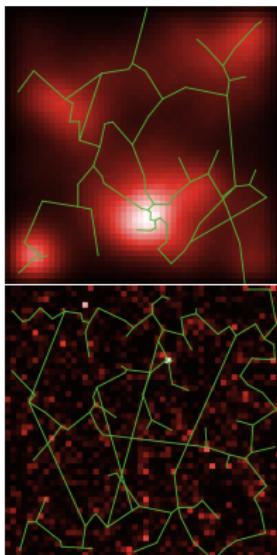
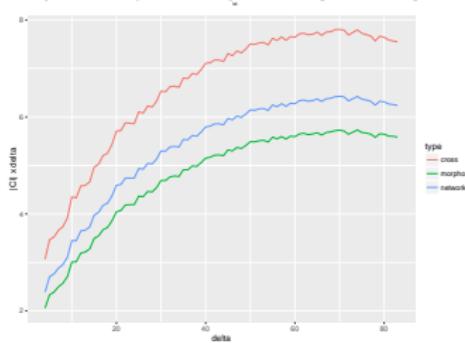
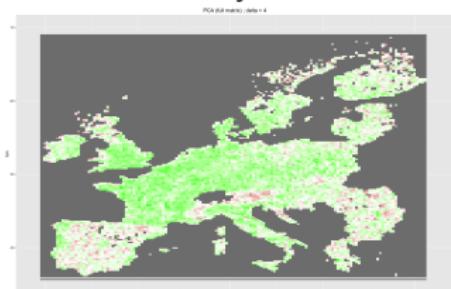
Application : Théorie évolutive des villes

Définition : *Une Théorie Géographique ayant pour ambition de rassembler la plupart des faits stylisés connus sur les villes et leur organisation dans les territoires, dans une perspective hors-équilibre et non statique, en les suivant sur de longues périodes de temps et mettant une emphase sur les facteurs structurants et les bifurcations.* [Source : Entretien avec D. Pumain, 31/03/2017]

- Une interaction forte entre chaque domaine dès les travaux précurseurs : manifeste théorique [Pumain, 1997] et modélisation [Sanders et al., 1997]
- De 2010 à 2016, l'ERC Geodiversity a poussé les limites de l'intégration toujours plus loin : relations “gagnant-gagnant” avec les informaticiens (OpenMole [Reuillon et al., 2013] et Meta-heuristiques [Chérel et al., 2015]), terrains variés et poussés ([Swerts, 2013] [Baffi, 2016]), modélisations intégrées ([Cottineau, 2014] [Schmitt, 2014]), épistémologie [Rey-Coyrehourcq, 2015]

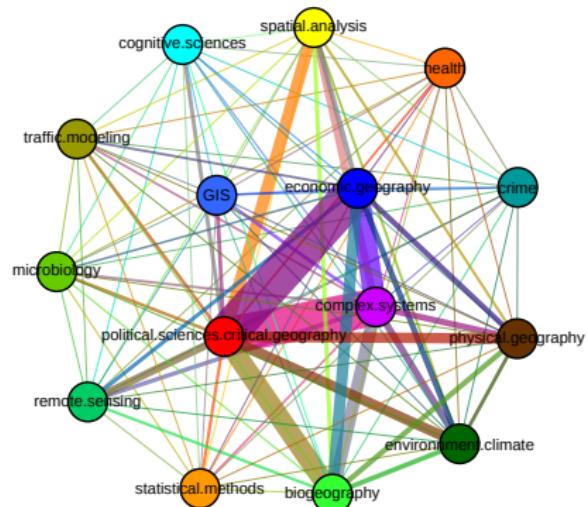
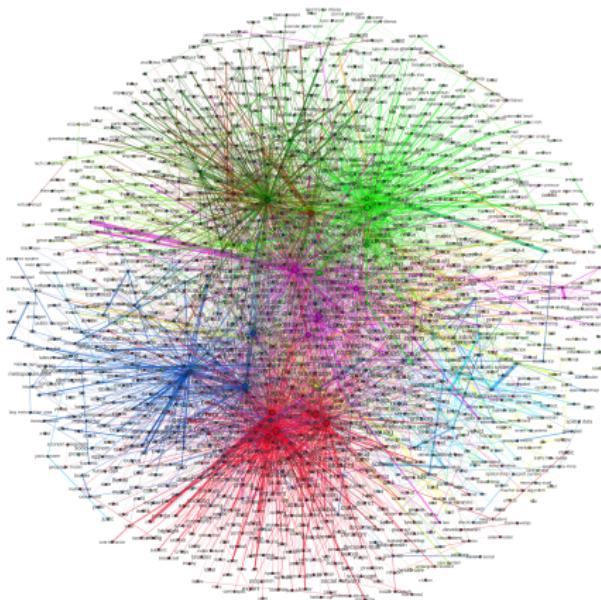
Application : Relations entre Réseaux et Territoires

(Gauche) : [Rimbault, 2016a] Données, outils et méthodes montrant la non-stationnarité spatiale des correlations entre forme urbaine et topologie des réseaux ; (Centre) : [Rimbault, 2016b] modélisation avec couplage simple montre un vaste espace faisable des correlations simulées ; (Droite) Multi-modélisation de la co-évolution : vers une Théorie des Systèmes Territoriaux Co-évolutifs en Réseau [Rimbault, 2016e]



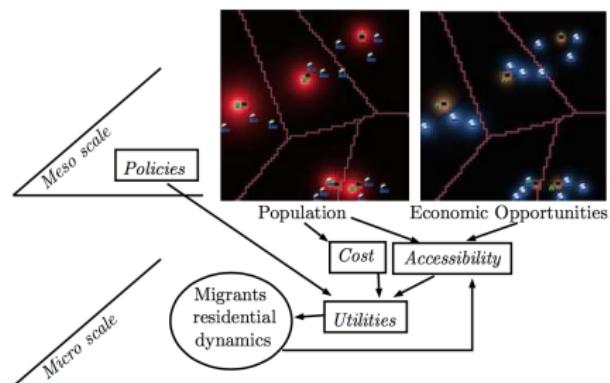
Application : Epistémologie Quantitative

[Rimbault, 2015] : Revue Systématique Algorithmique reconstruisant la structure sémantique des disciplines étudiant un sujet donné ; Extension des méthodes et outils à une approche par hyperréseau dans [Rimbault, 2016c] ; Application à un corpus d'un autre type (brevets) [Bergeaud et al., 2017] : nouvelle façon d'étudier empiriquement la diffusion spatiale des innovations ? (validation de la Théorie Evolutive urbaine)



Application : Modélisation des Dynamiques Migratoires

Modélisation intégrée des dynamiques migratoires dans le Delta de la Rivière des Perles [Losavio and Rimbault, 2017]



Discussion

Extension Possible : *Lien avec un Cadre Formel pour la Modélisation des Systèmes Socio-techniques. Perspectives comme Dataflow Machines [Golden et al., 2012] munis d'une ontologie [Livet et al., 2010], définition de relations d'ordre entre ontologies via émergence [Bedau, 2002], réduction en une forêt ontologique minimale, action de monoïde sur les données.*

Perspective : *Cadre comme un moyen de favoriser l'intégration horizontale (interdisciplinarité et questions transversales) et verticale (disciplines intégrée) de la feuille de route des Systèmes Complexes, en y ajoutant une dimension des domaines de connaissance ? [Bourgine et al., 2009]*

Conclusion

- Ni de la métamodélisation ni une tentative d'explication de la production de connaissances, mais une affirmation de la structure en domaine et co-évolutive de celle-ci, pour la revendiquer et en tirer parti
 - Pas d'éléments spécifiques pour "lier quanti-quali" mais un cadre affirmant le caractère nécessaire de l'intégration
 - Une Géographie Intégrée, alternative au "mainstream", mais pas si alternative à l'existant car pratiquée depuis une trentaine d'années !
- Code et données des différentes études mentionnées disponible sur github à <https://github.com/JusteRaimbault>

Reserve slides

Reserve Slides

Theory : Pillars

- ① *Networked Human Territories* → Raffestin approach to territory combined with Dupuy theory of networks.
- ② *Evolutive Urban Theory* → City Systems as complex Adaptive systems, applied to human settlements in general and thus territorial systems.
- ③ *Urban Morphogenesis* → Morphogenesis as autonomous rules to explain growth of urban form. Used as the provider of modular decompositions.
- ④ *Boundaries and Co-evolution* → Co-evolution as the existence of *niche*, consequence of boundary patterns.

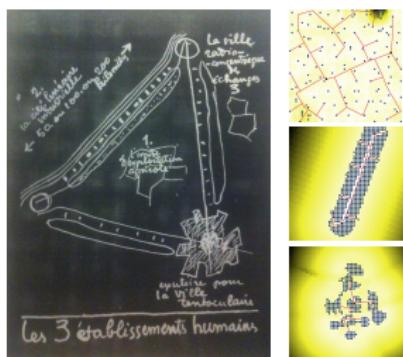
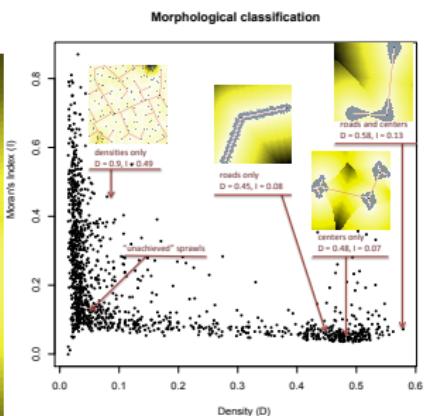
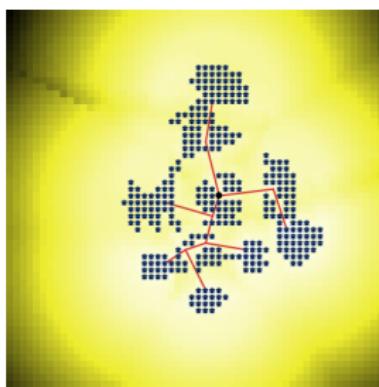
Theory : Specification

Definition : Territorial systems are networked Human Territories. They are multi-level complex adaptive systems following Evolutive Urban Theory.

Hypothesis : The existence of Morphogenetic processes in which networks are essential drivers is equivalent to the existence of co-evolutive niches in territorial systems. We call thus these *Co-evolutive Networked Territorial Systems*.

Meso-scale Coupled Growth

Simple co-evolutionary dynamics produce stylized urban forms at a mesoscopic scale [Raimbault et al., 2014]



Macro-scale Growth and Network Necessity

Macro-scale population growth model reveals physical network effects in French System of Cities [Raimbault, 2016d]



Extended Formalized Framework: Requirements

- a precise definition and emphasis on the notion of coupling between subsystems, in particular allowing to qualify or quantify a certain degree of coupling : dependence, interdependence, etc. between components.
- a precise definition of scale
- a precise definition of what is a system.
- the notion of emergence in order to capture multi-scale aspects of systems.
- a central place of ontology in the definition of systems, i.e. of the sense in the real world given to its objects
- heterogeneous aspects of the same system, that could be heterogeneous components but also complementary intersecting views.

Extended Formalized Framework: Summary

- Starting from a perspectivist approach to science [Giere, 2010c], a system is the superposition of perspectives on it, that are dataflow machines [Golden et al., 2012] with ontologies [Livet et al., 2010].
- Compatible notions of *emergence*, nominal and weak emergence [Bedau, 2002], yield pre-order relations on ontologies.
- An ontological graph is constructed by induction.
- The graph can be mapped to a minimal tree (directed forest), that captures a hierarchical structure of the system regarding emergence. “Strongly coupled” subsystems are encoded within nodes of the tree.

References I

-  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.
-  Baffi, S. (2016).
Railways and city in territorialization processes in South Africa : from separation to integration ?
Theses, Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne.
-  Batty, M. (2012).
Smart cities, big data.
-  Bedau, M. (2002).
Downward causation and the autonomy of weak emergence.
Principia: an international journal of epistemology, 6(1):5–50.

References II

-  Bergeaud, A., Potiron, Y., and Raimbault, J. (2017).
Classifying patents based on their semantic content.
arXiv:
-  Bourgine, P., Chavalarias, D., and al. (2009).
French Roadmap for complex Systems 2008-2009.
ArXiv e-prints.
-  Carlile, P. R. (2004).
Transferring, translating, and transforming: An integrative framework
for managing knowledge across boundaries.
Organization science, 15(5):555–568.

References III

-  Chérel, G., Cottineau, C., and Reuillon, R. (2015).
Beyond corroboration: Strengthening model validation by looking for unexpected patterns.
PLoS ONE, 10(9):e0138212.
-  Cottineau, C. (2014).
L'évolution des villes dans l'espace post-soviétique. Observation et modélisations.
PhD thesis, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
-  Cottineau, C., Reuillon, R., Chapron, P., Rey-Coyrehourcq, S., and Pumain, D. (2015).
A modular modelling framework for hypotheses testing in the simulation of urbanisation.
Systems, 3(4):348–377.

References IV

-  Cuyala, S. (2013).
La diffusion de la géographie théorique et quantitative européenne francophone d'après les réseaux de communications aux colloques européens (1978-2011).
Cybergeo: European Journal of Geography.
-  Doursat, R., Sayama, H., and Michel, O. (2012).
Morphogenetic engineering: toward programmable complex systems.
Springer.
-  Dupuy, G. and Benguigui, L. G. (2015).
Sciences urbaines: interdisciplinarités passive, naïve, transitive, offensive.
Métropoles, (16).

References V

-  Durantin, A., Fanmuy, G., Miet, S., and Pegon, V. (2017). Disruptive innovation in complex systems. In *Complex Systems Design & Management*, pages 41–56. Springer.
-  Fanelli, D., Costas, R., and Ioannidis, J. P. A. (2017). Meta-assessment of bias in science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(14):3714–3719.
-  Feyerabend, P. (1993). *Against method*. Verso.
-  Gallotti, R., Louf, R., Luck, J.-M., and Barthelemy, M. (2017). Tracking random walks. *ArXiv e-prints*.

References VI

-  **Gemino, A. and Wand, Y. (2004).**
A framework for empirical evaluation of conceptual modeling techniques.
Requirements Engineering, 9(4):248–260.
-  **Giere, R. N. (2010a).**
An agent-based conception of models and scientific representation.
Synthese, 172(2):269–281.
-  **Giere, R. N. (2010b).**
Explaining science: A cognitive approach.
University of Chicago Press.
-  **Giere, R. N. (2010c).**
Scientific perspectivism.
University of Chicago Press.

References VII

-  Golden, B., Aiguier, M., and Krob, D. (2012).
Modeling of complex systems ii: A minimalist and unified semantics
for heterogeneous integrated systems.
Applied Mathematics and Computation, 218(16):8039–8055.
-  Hacking, I. (1999).
The social construction of what?
Harvard university press.
-  Legavre, J. B. (1996).
La «neutralité» dans l'entretien de recherche. retour personnel sur
une évidence.
Politix, 9(35):207–225.

References VIII

-  Livet, P., Muller, J.-P., Phan, D., and Sanders, L. (2010).
Ontology, a mediator for agent-based modeling in social science.
Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 13(1):3.
-  Losavio, C. and Rambault, J. (2017).
Modeling residential dynamics in a mega-city region: the case of pearl river delta, china.
In *Urban China International Conference, London, 6-7th May 2017*.
-  Pumain, D. (1997).
Pour une théorie évolutive des villes.
Espace géographique, 26(2):119–134.
-  Pumain, D. and Reuillon, R. (2017).
Urban dynamics and simulation models.

References IX

-  Pumain, D. and Robic, M.-C. (2002).
Le rôle des mathématiques dans une «révolution» théorique et quantitative: la géographie française depuis les années 1970.
Revue d'histoire des Sciences Humaines, 6(1):123–144.
-  Rimbault, J. (2015).
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).
-  Rimbault, J. (2016a).
For a cautious use of big data and computation.
In *Royal Geographical Society-Annual Conference 2016-Session: Geocomputation, the Next 20 Years (1)*.

References X

-  Rimbault, J. (2016b).
Generation of correlated synthetic data.
In *Actes des Journees de Rochebrune 2016*.
-  Rimbault, J. (2016c).
Indirect bibliometrics by complex network analysis.
In *20e Anniversaire de Cybergeo*.
-  Rimbault, J. (2016d).
Models of growth for system of cities : Back to the simple.
forthcoming presentation at CCS2016, 19-22 September,
Amsterdam. Abstract available at
<https://github.com/JusteRimbault/CityNetwork/blob/master/Docs/Co>

References XI

-  Rimbault, J. (2016e).
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*.
-  Rimbault, 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.*
-  ReScience (2015).
Rescience journal, <https://rescience.github.io/>.

References XII

-  Reuillon, R., Leclaire, M., and Rey-Coyrehourcq, S. (2013). Openmole, a workflow engine specifically tailored for the distributed exploration of simulation models. *Future Generation Computer Systems*, 29(8):1981–1990.
-  Rey-Coyrehourcq, S. (2015). *Une plateforme intégrée pour la construction et l'évaluation de modèles de simulation en géographie*. PhD thesis, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
-  Sanders, L., Pumain, D., Mathian, H., Guérin-Pace, F., and Bura, S. (1997). Simpop: a multiagent system for the study of urbanism. *Environment and Planning B*, 24:287–306.

References XIII

-  Schmitt, C. (2014).
Modélisation de la dynamique des systèmes de peuplement: de SimpopLocal à SimpopNet.
PhD thesis, Paris 1.
-  Swerts, E. (2013).
Les systèmes de villes en inde et en chine.
-  Varenne, F. (2010).
Les simulations computationnelles dans les sciences sociales.
Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales, 5(2):17–49.