

Co-construire Modèles, Etudes Empiriques et Théories en Géographie Théorique et Quantitative : le cas des Interactions entre Réseaux et Territoires

J. Raimbault^{1,2}

juste.raimbault@parisgeo.cnrs.fr

¹UMR CNRS 8504 Géographie-cités

²UMR-T IFSTTAR 9403 LVMT

Théo Quant 2017 - Besançon

17 mai 2017

TQG et Domaines de Connaissance

Illustrations

Théorie Evolutive 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.*

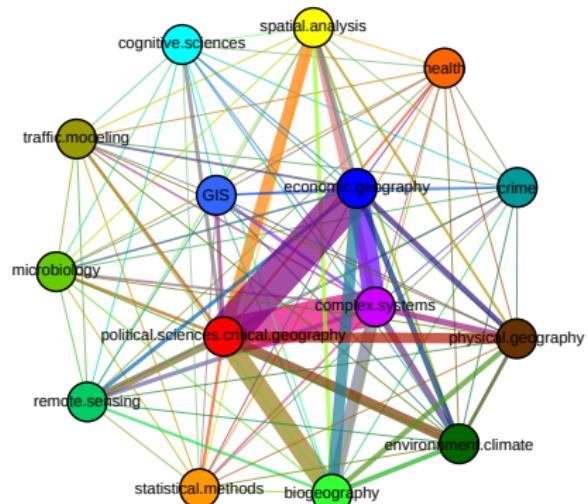
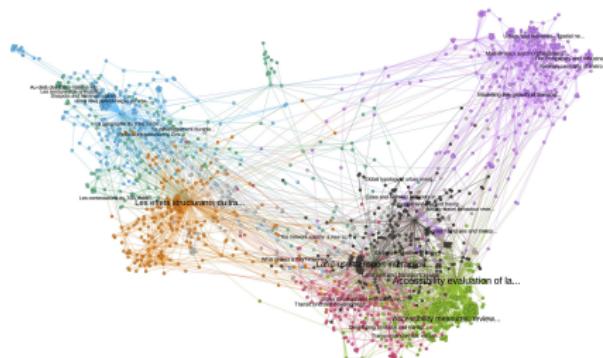
[Source : Entretien avec D. Pumain, 31/03/2017]

- 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]

Contexte et Démarche

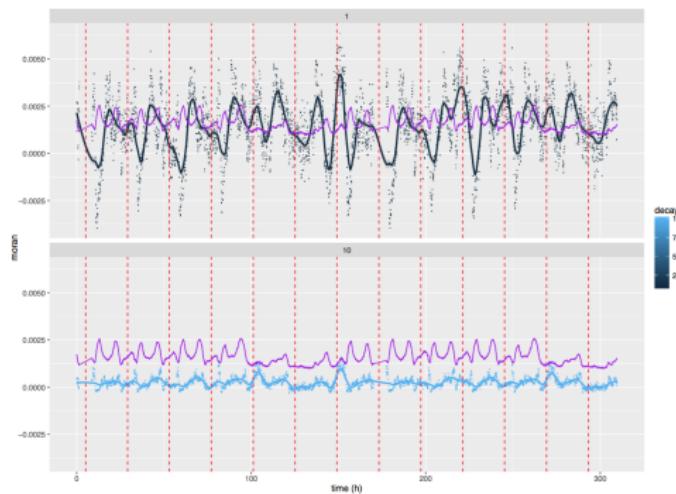
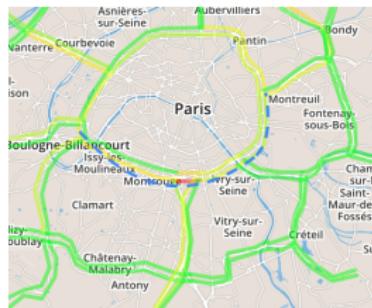
Pourquoi une théorie et des modèles de co-évolution

[Rimbault, 2015b] : 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, 2016d] ; 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)



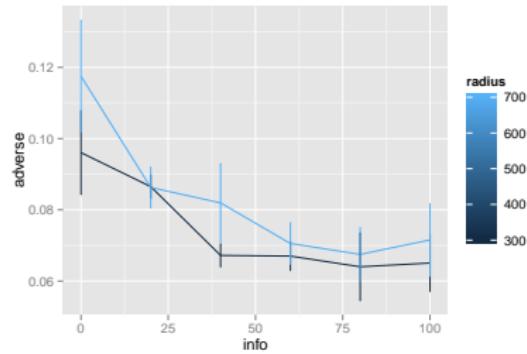
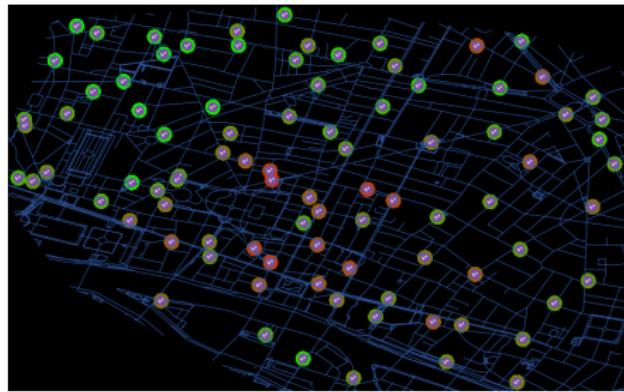
Dynamiques Chaotiques des Systèmes de Transport

Etude de l'existence empirique de l'Equilibre Utilisateur Statique
[Rimbault, 2017] : collection des données pour le réseau autoroutier
d'Ile-de-France
→ *Non-stationnarité et caractère chaotique des dynamiques à l'échelle
microscopique*



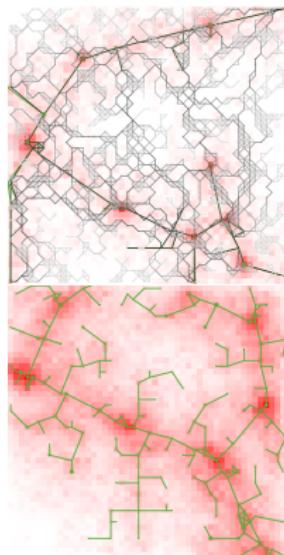
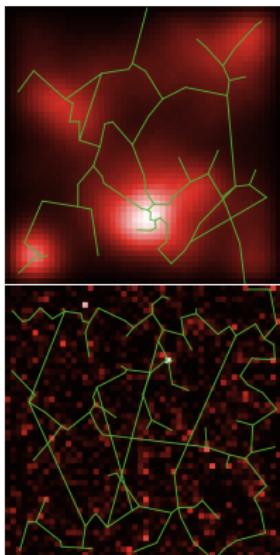
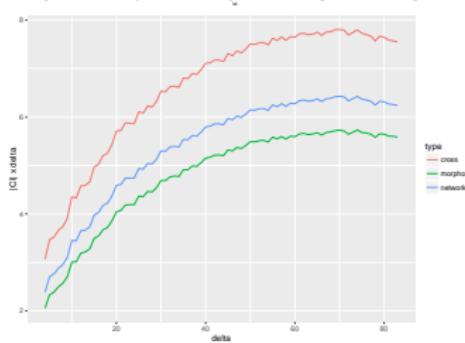
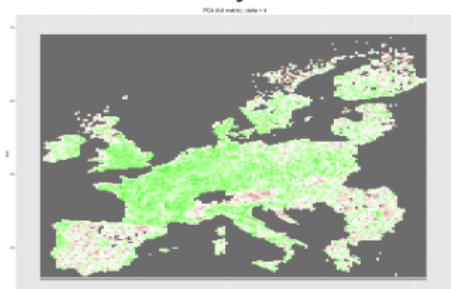
Agent-based Modeling of Transportation Systems

Agent-based model to investigate user-based policies for a bike-sharing transportation system [Rimbault, 2015c] ; hybrid modeling with statistics and discrete-choice models [Rimbault, 2015a]

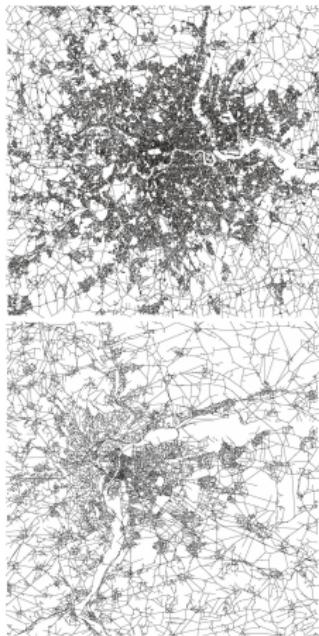
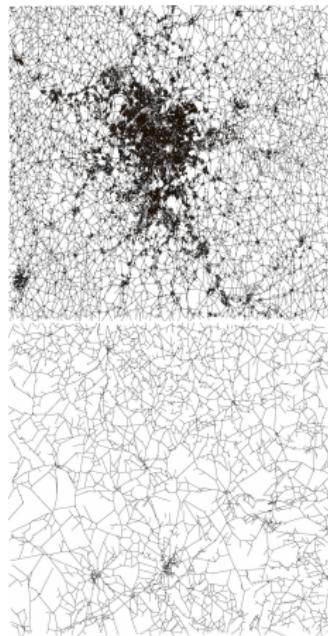


Application : Relations entre Réseaux et Territoires

(Gauche) : [Rimbault, 2016b] Données, outils et méthodes montrant la non-stationnarité spatiale des correlations entre forme urbaine et topologie des réseaux ; (Centre) : [Rimbault, 2016c] 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, 2016f]

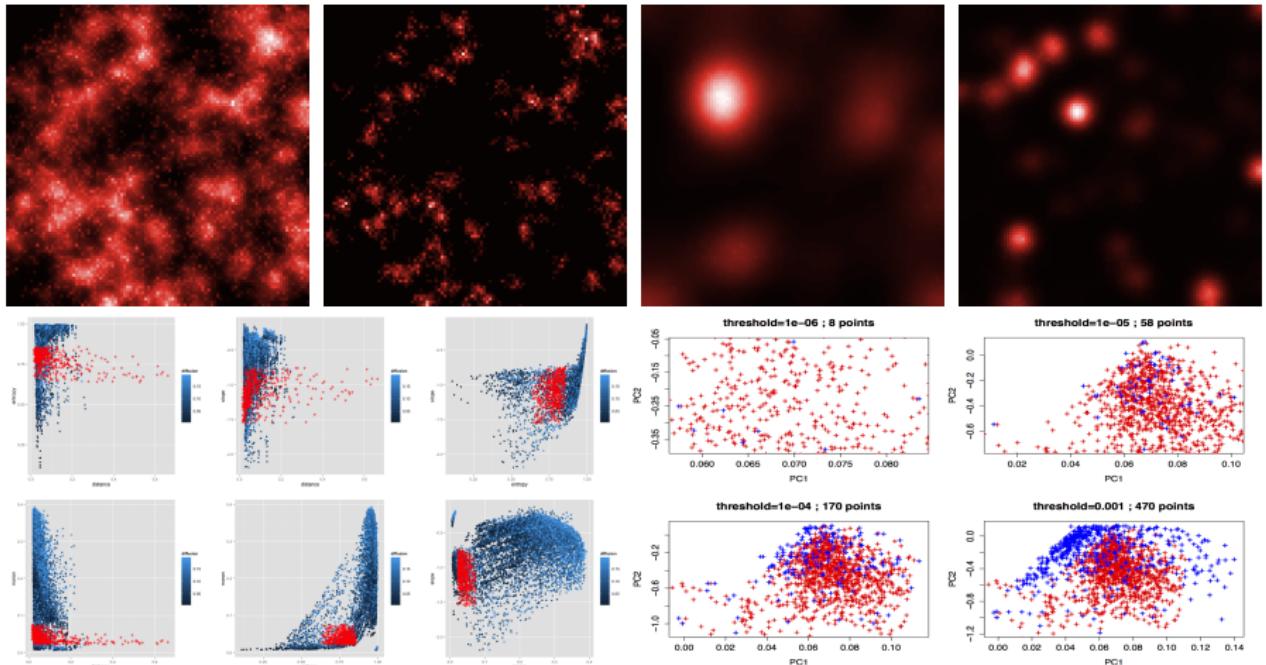


Analyse des Réseaux Routiers



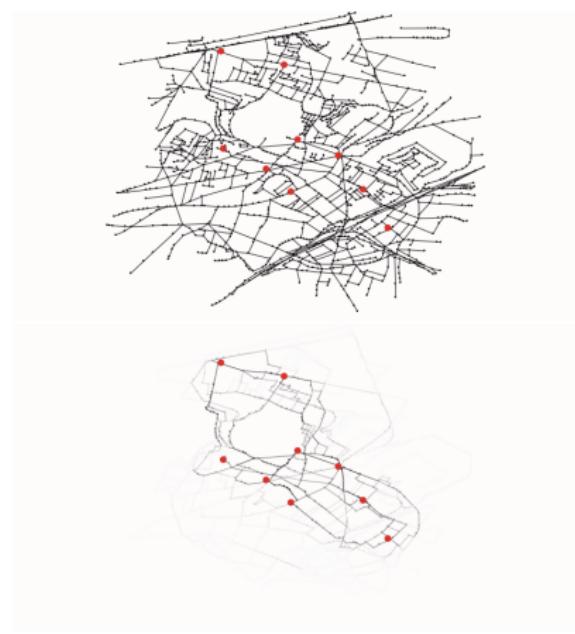
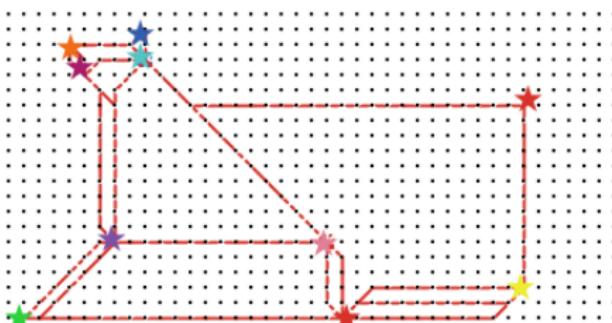
Aggregation-diffusion Urban Growth

Evidence of autonomous Morphogenetic processes : morphological calibration of an Aggregation-diffusion growth model



Transportation Network Morphogenesis

Transportation network morphogenesis and optimal design using biologically inspired model (slime mold) [Raimbault and Gonzalez, 2015]



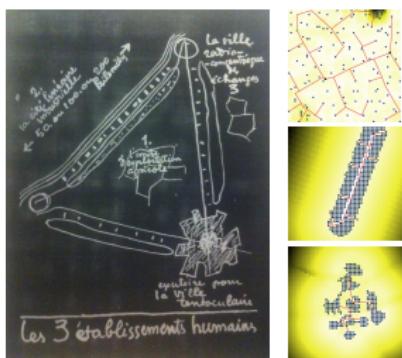
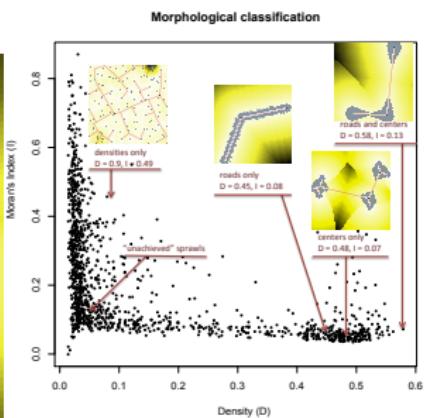
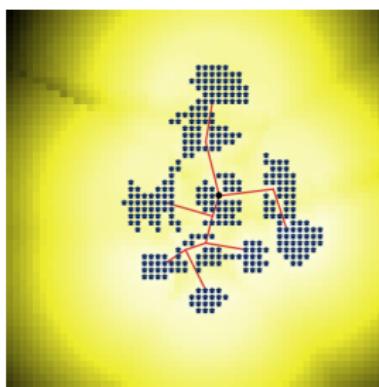
Macro-scale Growth and Network Necessity

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



Meso-scale Coupled Growth

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



Lutecia

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*.

Discussion

Conclusion



- Code et données des différentes études mentionnées disponible sur github à <https://github.com/JusteRaimbault>

Reserve slides

Reserve Slides

Fondements Epistémologiques du Cadre de Connaissances

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)

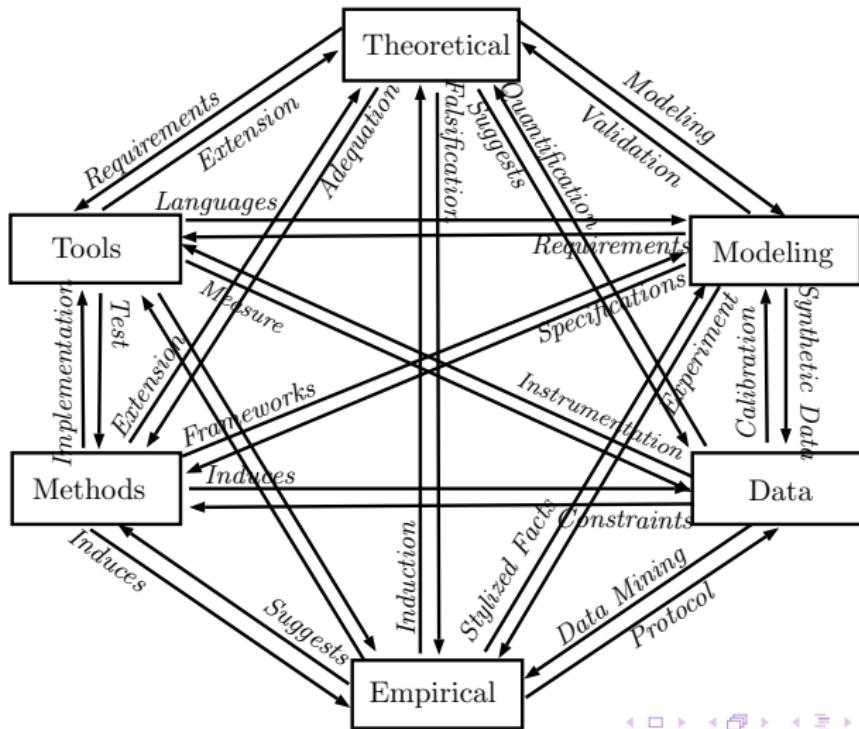
Définition des domaines.

- **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 du Cadre de Connaissances

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)

Extended Formalized Framework: Requirements

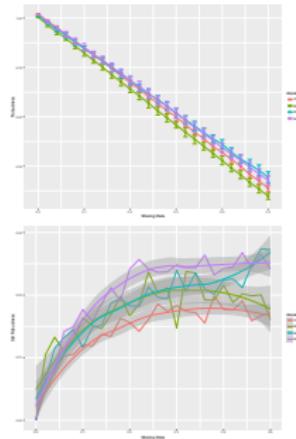
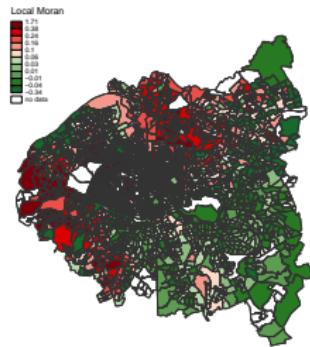
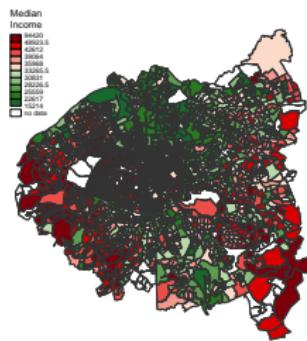
- a precise definition and emphasis on the notion of coupling between subsystems, in particular allowing to qualify or quantify a certain degree of coupling : dependence, interdependence, etc. between components.
- a precise definition of scale
- a precise definition of what is a system.
- the notion 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.

Robustness of Multi-attribute Evaluations

Data-driven and Model-independant framework to compare robustnesses of multi-attributes evaluations [Raimbault, 2016a]



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.
-  Bedau, M. (2002).
Downward causation and the autonomy of weak emergence.
Principia: an international journal of epistemology, 6(1):5–50.
-  Bergeaud, A., Potiron, Y., and Raimbault, J. (2017).
Classifying patents based on their semantic content.
arXiv:

References II

-  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.
-  Doursat, R., Sayama, H., and Michel, O. (2012).
Morphogenetic engineering: toward programmable complex systems.
Springer.

References III

-  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.
-  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.

References IV

-  Giere, R. N. (2010c).
Scientific perspectivism.
University of Chicago Press.
-  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.
-  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.

References V

-  Pumain, D. (1997).
Pour une théorie évolutive des villes.
Espace géographique, 26(2):119–134.
-  Raimbault, J. (2015a).
Hybrid modeling of a bike-sharing transportation system.
In *International Conference on Computational Social Science*.
-  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).

References VI

-  Rimbault, J. (2015c).
User-based solutions for increasing level of service in bike-sharing transportation systems.
In *Complex Systems Design & Management*, pages 31–44. Springer.
-  Rimbault, J. (2016a).
A discrepancy-based framework to compare robustness between multi-attribute evaluations.
Forthcoming in Proceedings of CSDM 2016. arXiv preprint arXiv:1608.00840.
-  Rimbault, 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)*.

References VII

-  Rimbault, J. (2016c).
Generation of correlated synthetic data.
In *Actes des Journees de Rochebrune 2016*.
-  Rimbault, J. (2016d).
Indirect bibliometrics by complex network analysis.
In *20e Anniversaire de Cybergeo*.
-  Rimbault, J. (2016e).
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 VIII

-  Rimbault, J. (2016f).
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. (2017).
Investigating the empirical existence of static user equilibrium.
Transportation Research Procedia, 22C:450–458.
-  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,

References IX

Université de Normandie, Le Havre, France; M. A. Aziz-Alaoui, C. Bertelle, X. Z. Liu, D. Olivier, eds.: pp. 51-60.

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

References X

-  Rey-Coyrehourcq, S. (2015).
Une plateforme intégrée pour la construction et 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.
-  Schmitt, C. (2014).
Modélisation de la dynamique des systèmes de peuplement: de SimpopLocal à SimpopNet.
PhD thesis, Paris 1.

References XI

-  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.