

# LA VILLE COMME SYSTÈME COMPLEXE

Anne-Caroline Jambaud  
journaliste.

## Article écrit pour la revue M3 n°5

L'étude des systèmes complexes, interdisciplinaire par nature, permet de mieux comprendre les systèmes urbains où interagissent de nombreux paramètres — transport, énergies, etc. — et affluent des masses croissantes de données à traiter. En prévoyant leur évolution, elle peut permettre de guider l'action publique. La Chambre de commerce et d'industrie de Lyon dispose d'un logiciel d'aide à la décision pour l'implantation de nouvelles activités commerciales, Loeko. Le Grand Lyon teste un réseau de capteurs urbains en temps réel permettant d'optimiser son système de viabilité hivernale. À partir de l'analyse des données Vélo'v, plusieurs laboratoires de recherche de l'agglomération lyonnaise travaillent à élaborer un modèle de simulation d'un système optimisé de réseau de stations de vélos en libre service. En essayant de quantifier les ressources par un système de repérage satellite, l'Institut Michel-Serres propose de bâtir un modèle d'écosystème régional. En s'appuyant sur des solutions logicielles décrivant l'interaction systémique à l'œuvre dans le champ urbain, la société The Cosmo Company, le Grand Lyon, Veolia, ERDF et CMN Partners développent un outil d'aide à la décision pour une ville durable, For City. Toutes ces applications urbaines récentes, très utiles à la définition des politiques publiques, sont issues de la recherche sur les systèmes complexes autour de l'IXXI, Institut rhônalpin des systèmes complexes fondé en 2006 par le biologiste Michel Morvan (ENS Lyon).

### Comprendre des phénomènes inextricables

Ce pan de la recherche contemporaine est essentiel à la compréhension de la complexité du monde qui nous entoure, et singulièrement des villes où 70 % de l'énergie mondiale est consommée.

« La recherche sur les systèmes complexes vise à comprendre des phénomènes dont l'intrication est telle qu'ils nous sont inabordables actuellement. En connaissant mieux les phénomènes sociologiques ou écologiques, elle permettra, par exemple, de mieux définir les politiques publiques », estime Guillaume Beslon, chercheur au Liris et à l'Inria, directeur de l'IXXI.

L'étude et la modélisation des systèmes complexes est une problématique scientifique interdisciplinaire qui s'est développée dans les années 1970 et a trouvé une assise institutionnelle en 1984, aux États-Unis, avec la création d'un premier établissement : le Santa Fe Institute.

### « Le tout est plus que la somme des parties »

Un système est qualifié de complexe lorsque l'interaction d'un grand nombre d'entités favorise l'émergence d'un phénomène global qui ne peut être ramené à la compréhension des interactions locales. Ce qui est souvent résumé par la formule :

**GRANDLYON**  
communauté urbaine

Direction de la Prospective et du Dialogue Public  
20 rue du lac - BP 3103 - 69399 LYON CEDEX 03

[www.millenaire3.com](http://www.millenaire3.com)

« le tout est plus que la somme des parties ». Cette complexité touche l'ensemble des champs de la connaissance. Le phénomène de bulle financière ou de krach ne se résume pas aux transactions des traders. Un embouteillage ne s'explique pas par la seule addition du comportement individuel des automobilistes. La propagation d'une épidémie, le développement d'un embryon, ou encore l'étude du langage ou l'environnement recèlent la même complexité. Une approche globale s'impose. Elle nécessite de mettre en commun aussi bien des compétences issues de domaines de recherche différents que de puissants outils de calculs adaptés à la gestion des nombreuses données qu'ils produisent. Elle suppose donc de faire interagir les disciplines reines de la modélisation (mathématiques, physique, informatique), avec les autres disciplines : biologie, sociologie, écologie, etc. Elle est, par nature, interdisciplinaire.

La vocation principale de l'IXXI est donc de favoriser la rencontre entre des univers différents. « Nous restons dans un rôle modeste d'aide à l'interdisciplinarité. Il s'agit de reconnaître, héberger, sécuriser et stimuler les chercheurs aux frontières entre les disciplines, en étant centrés sur la question de la modélisation », explique Pablo Jensen, directeur adjoint de l'IXXI.

L'IXXI a trouvé à l'ENS Lyon un lieu d'accueil privilégié : Michel Morvan y a été recruté en 2002, avec le projet de fonder cet organisme. L'école abrite le laboratoire de l'Informatique et du Parallélisme qui apporte d'éminentes compétences en informatique mathématique et en algorithmique. Ce laboratoire, pilier du LabEx MiLyon qui fédère les mathématiciens et informaticiens fondamentaux de Lyon, est l'un des membres fondateurs de l'IXXI. À Lyon, Michel Morvan a également trouvé « un énorme potentiel en matière d'enseignement supérieur » ainsi qu'« un tissu industriel très actif, notamment en biologie ».

### **La biologie, pionnière**

La biologie, et notamment la biologie systémique, a constitué le terreau sur lequel l'IXXI a fructifié. « La biologie systémique s'est développée très tôt à Lyon du fait de chercheurs très motivés comme Olivier Gandrillon du CGPhyMC ou Jean-Michel Fayard et Hubert Charles au BF2I. », explique Guillaume Beslon. De ce fait, les échanges ont été riches entre biologistes, informaticiens, mathématiciens et physiciens.

Ce domaine est encore très actif à Lyon et se structure aujourd'hui avec la mise en place de la Fédération de biologie systémique à Lyon (BioSyl), parrainée par l'IXXI. Parallèlement, un Institut européen de biologie systémique et médecine (EISBM) se constitue sous la forme d'une fondation indépendante abritée par la Fondation pour l'université de Lyon, en partenariat avec les institutions de recherche et d'enseignement supérieur, les hôpitaux, les industriels, les PME et les collectivités territoriales affiliées au pôle de compétitivité mondial Lyonbiopôle.

L'interface entre les sciences numériques et le vivant est un point fort de la recherche dans l'agglomération — notamment au sein de l'Inria — depuis la création dans les années 1970, par le biologiste Jean-Marie Legay, du Laboratoire de biologie biométrie évolutive (LBBE) à Lyon 1, qui été un laboratoire pilote sur les bases de données de génome ou la biométrie écologique. Or la génomique est l'un des premiers domaines à avoir bénéficié, au début des années 1990, du déluge des données lié à l'augmentation croissante de la puissance de calcul des ordinateurs. «

**GRANDLYON**  
communauté urbaine

Direction de la Prospective et du Dialogue Public  
20 rue du lac - BP 3103 - 69399 LYON CEDEX 03

[www.millenaire3.com](http://www.millenaire3.com)

À l'IXXI, la recherche sur les systèmes complexes a principalement démarré avec la biologie. Puis ces équipes ont mûri, et se sont structurées, notamment au sein de l'Inria à Villeurbanne – La Doua », raconte Pablo Jensen. Plus besoin alors pour ces biologistes de rester à l'IXXI, cet « hôtel à projet » qui offre un abri et de modestes moyens pour amorcer des collaborations interdisciplinaires, via des séminaires de travail ou des programmes de recherche. L'évolution de la biologie systémique souligne bien la vocation transitoire de l'IXXI, lieu de passage pour des recherches expérimentales qui, une fois leur pertinence prouvée, rejoignent le giron de l'institution. Après avoir touché la biologie, l'avalanche de données inonde désormais les sciences sociales. Cartes de crédit, téléphones portables, objets communicants, etc., déversent une grande masse de données digitales géolocalisées tandis que les données publiques s'ouvrent de plus en plus, à la faveur du mouvement *open data*, notamment dans le domaine des mobilités urbaines.

Il faut donc trouver des outils formels pour naviguer dans ces masses de données car, comme le souligne Jean-François Boulicaut, professeur à l'Insa et directeur adjoint du Laboratoire d'informatique en image et systèmes d'information (Liris), nous sommes désormais passés à de la collection automatique, sans effort, quasiment sans coût et exhaustive de données sur certains phénomènes. C'est ce qui se passe avec les capteurs qui sont coulés dans le béton dans le champ des mobilités urbaines. Pour Jean-François Boulicaut, ce phénomène de *big data* suppose plus que jamais « d'être capable de construire les bons résumés ». Par ailleurs, les données n'étant plus seulement physiques, leur analyse nécessite le double regard des sciences de la modélisation et des sciences humaines et sociales (SHS). Pour Charles Raux, directeur du Laboratoire d'économie des transports à Lyon, « les chercheurs en SHS ont besoin de physiciens pour renouveler les méthodes statistiques ; les physiciens ont besoin des chercheurs en SHS car les flux analysés sont des flux de personnes et non des flux de particules. Nous avons besoin de cette interaction continue pour travailler sur ces objets complexes. Sinon, le risque est que les physiciens fassent de l'économétrie physique sans se préoccuper des assises économiques et sociales des réalités sur lesquelles ils travaillent ».

### **Associer maîtrise des outils et éclairage sur le sens**

Chercheur en sciences de l'information au Collegium de Lyon, Jean-Michel Salaün est un nouveau résident de l'IXXI. S'il ne croit pas aux sciences de la complexité — « le principe de la science n'est-il pas d'élucider la complexité ? » —, il estime que l'IXXI est « un lieu très important, reconnu par le CNRS comme un lieu transdisciplinaire par excellence ». Or ces structures permettent « des croisements totalement inédits et peuvent ouvrir de nouvelles portes. Les humanités numériques ouvrent ainsi des champs de recherche considérables, à partir de modélisations récupérées dans d'autres disciplines ». Jean-Michel Salaün a pris appui sur l'IXXI pour mettre en place, en 2012, un master Architecture de l'information à l'ENS Lyon, ouvert aux étudiants de diverses disciplines. Le professeur voit dans l'architecture de l'information et la structuration des données sociales des enjeux économiques, mais aussi éthiques, de première importance. « Aujourd'hui, les algorithmes développés par Google, Facebook ou Twitter façonnent le sens commun, ce qui pose une question éthique : qu'est-ce que cela construit, comment, dans quel but ?

**GRANDLYON**  
communauté urbaine

Direction de la Prospective et du Dialogue Public  
20 rue du lac - BP 3103 - 69399 LYON CEDEX 03

[www.millenaire3.com](http://www.millenaire3.com)

Travailler sur le sens, la signification des algorithmes au sein de l'IXXI nous permettra d'avancer car nous pourrions associer ceux qui maîtrisent les outils et ceux qui peuvent avoir un éclairage sur le sens », explique le chercheur. Pour Pablo Jensen, directeur adjoint de l'IXXI, il s'agit ni plus ni moins de « rendre socialement plus pertinente et responsable la recherche sur les données sociales ». Sortant du champ privilégié des sciences du vivant, l'étude sur les systèmes complexes convoque de plus en plus le double regard des sciences humaines et sociales et des sciences de la modélisation pour relever les défis environnementaux mais aussi éthiques de nos sociétés urbaines hyper connectées.

**GRANDLYON**  
communauté urbaine

Direction de la Prospective et du Dialogue Public  
20 rue du lac - BP 3103 - 69399 LYON CEDEX 03  
[www.millenaire3.com](http://www.millenaire3.com)