

Descriptions et analyses statiques et dynamiques de grands réseaux d'interactions.

Application à l'analyse du réseau dynamique

VELOV

Projet Lyonnais Réseaux et Velov

26 septembre 2007

1 Équipes de Recherche impliquées

Ce projet rassemble 5 équipes universitaires lyonnaises dont les compétences scientifiques sont complémentaires autour d'un même thème de recherche : la description et de l'analyse de la dynamique de grands réseaux.

- **Équipe SiSYPHE, Signaux, Systèmes et Physique, du laboratoire de Physique de l'ENS Lyon, CNRS**, experte en Traitement Statistique du Signal et de l'information (P. Abry, CNRS DR, P. Borgnat, CNRS CR, P. Flandrin, CNRS DR, A. Scherrer, Post-doctorant, P. Jensen, CNRS DR, Guillaume Dewaele, ENSL AGPR).

- **Équipe projet INRIA ARES, LIP, ENS Lyon**, experte en modélisation/réalisation de capteurs, gestions de réseaux et étude de réseaux (E. Fleury, ENSL PR, I. Guérin-Lassous, UCBL PR, Guillaume Chelius, INRIA, CR, J.-B. Rouquier, doctorant).

- **Équipe TURING du LIRIS, INSA, ECL, UCBL, CNRS**, experte en fouilles de données (data mining), en grandes masses de données, (J.-F. Boulicaut, INSA, PR, Céline Robardet, INSA, MCF).

- **Équipe Modélisation, Laboratoire Economie des Transports**, experte en économie des transports (P. Jensen, CNRS DR, F. Marchal, CNRS CR).

- **Équipes Réseaux, Savoirs & Territoires, (ENS) et Atelier Internet Lyonnais, (ENSSIB)**, experte en cartographie et dans l'étude des usages et pratiques de l'internet (É. Guichard, ENSSIB, MCF).

Ces différentes équipes entretiennent déjà, entre-elles ainsi qu’avec l’IXXI, des relations et collaborations bilatérales, parfois depuis de nombreuses années. En outre, des échanges scientifiques sur ce thème sont déjà engagés avec deux équipes de recherches non lyonnaises :

- **Laboratoire d’Informatique de Paris 6**, équipe experte en mesures, description et modélisation des grands réseaux d’interactions (M. Latapy, CNRS CR, Cl. Magnien, CNRS CR, J.-L. Guillaume, U-P6, MCF),
- **LUAN, Université de Nice**, équipe experte en mesures entropique et de complexité, notamment sur les arbres (O. Michel, U-Nice, PR).

2 Contexte scientifique

L’étude des systèmes complexes — systèmes dans lesquels un grand nombre d’agents, dont le comportement individuel est simple, interagissent pour produire un comportement collectif complexe —, discipline qui a déjà une longue histoire scientifique, continue de faire l’objet d’efforts, d’intérêts et d’attentions de la part de la communauté scientifique internationale. Ceux-ci sont soutenus et renouvelés par le fait que la notion de système complexe peut concerner, et permettre d’envisager dans un même point de vue conceptuel, l’étude de phénomènes produits par des disciplines scientifiques très variées (physique, biologie, (télé-)communications, informatique, économie, sociologie et sciences humaines) et analysés par des concepts, outils et techniques très différents (graphes, mathématiques, statistiques, fouilles de données, traitement du signal, analyse de discours,...

Au delà de la controversée pertinence de la notion d’*universalité du concept de système complexe*, l’étude de ces grands systèmes issus de différentes disciplines concentrent un faisceau de difficultés communes, constituant autant de thèmes motivants de recherches scientifiques :

- grande dimensionalité,
- grande masse de donnée,
- difficultés pratiques et conceptuelles de réaliser des mesures,
- difficulté de caractériser/quantifier/définir un état du système,
- propriétés statistiques non standard (invariance d’échelle, structure de dépendance à longue portée temporelle et/ou spatiale, distributions à ailes lourdes, non stationnarité, constamment hors équilibre),
- hétérogénéités multiples de ces systèmes, hétérogénéité notamment de la nature et de la résolution des données mesurées (multiresolution, fusion d’information).

L’un des enjeux scientifiques majeurs de l’étude des systèmes complexes réside donc dans l’évaluation des bénéfices tirés de la coopération de savoir, concepts, outils et techniques produits par des disciplines scientifiques

différentes. En outre, une difficulté non négligeable réside dans la difficulté de produire des corpus de données contrôlés et pertinents, susceptibles de permettre la validation des avancées scientifiques. En effet, les équipes de recherche disposent soit de données *réelles*, collectées sur de grands systèmes complexes *naturels*, soit de données *jouet*, produites par des maquettes simulées. Les premiers sont, par nature, peu ou mal contrôlés et connus, livrant des données difficiles à interpréter ; les seconds, sont, par nécessité, simples et limités, fournissant des bancs de tests aux mécanismes trop académiques ou classiques.

3 Motivations du projet

Le Grand Lyon et la société JCDecaux développent dans l'agglomération lyonnaise un remarquable système de prêt de vélos, baptisé VELOV. La dynamique de fonctionnement du réseau VELOV peut, par de multiples aspects, s'apparenter à celui d'un système complexe. Le réseau VELOV, dont la taille est déjà remarquable et certainement plus grande que ce qui peut être atteint dans le contexte expérimental académique mais qui reste néanmoins contraint et restreint à un territoire et des échanges contrôlés, est donc susceptible de fournir un corpus de données, qui évitent les deux écueils mentionnés dans la section précédente.

Les thèmes de recherche articulés autour de l'étude de description, caractérisation, modélisation de la dynamique spatio-temporelle de grands réseaux d'interactions. constituent un sujet émergent passionnant et stimulant intellectuellement, déjà au centre des préoccupations de 5 équipes de recherches, travaillant toutes, avec des outils, techniques et objectifs différents et complémentaires.

Le présent projet a ainsi pour objet de rassembler les compétences de ces équipes de recherches de l'*Université de Lyon* et de faciliter leurs collaborations et interactions, en s'appuyant sur le matériau d'étude exceptionnel que constitue le projet lyonnais VELOV.

Un premier contact entre des partenaires du projet (P. Jensen, P. Abry, J.-B. Rouquier) et la société JCDecaux a été établi, qui a permis d'aboutir à un accord de principe, concernant la possibilité, pour les partenaires du projet, d'analyser une partie des données relative à la dynamique du réseau VELOV. Le volume, la nature et les conditions d'utilisations de ces données feront l'objet de spécifications ultérieures entre les partenaires du projet et JCDecaux. En outre, l'interaction avec JCDecaux permet également d'articuler les problématiques scientifiques, avec les questions, plus appliquées mais tout aussi importantes, posées par un opérateur de réseau pour la gestion de celui-ci.

4 Développements scientifiques

Au delà de la liste de difficultés mentionnées plus haut, et correspondant chacune à de grands thèmes de recherche, une liste préliminaire de pistes de travail, non exhaustive ni close, néanmoins précise, peut déjà être envisagée :

- développement d’outils permettant de fournir une description statique, puis dynamique d’un grand réseau,
- définition/identification d’observables pertinentes,
- réalisation pratique des mesures de ces observables, prenant en compte la grande dimension du problème, le grand volume de données, notion de mesures passives ou actives,
- fouille de données dans les réseaux de grande dimension, identification de structure ou motif, suivi de leur dynamique temporelle,
- impact sur l’analyse d’observations partielles, censurées, partiales (car résultant d’un processus actifs, choisis, de mesure),
- caractérisation/quantification de la (notion de) complexité,
- développement d’outils statistiques accommodant ou mettant en évidence la nature des statistiques non standard (analyses multirésolution et dépendantes du temps),
- évaluation de l’existence intrinsèque d’une forte variabilité *naturelle*, induisant une grande difficulté à définir un état *typique* ou une dynamique *normale*, a fortiori à détecter un fonctionnement *anormal*,
- étude de propriétés de diffusion (d’information, de virus, de panne) sur un grand réseau,
- étude de problèmes de routage,
- cartographie du réseau réel dans un système de représentation virtuelle (ex : transposition de distances réelles en distances temporelles ou en coûts économiques); cartographie de corrélation entre différents transports.
- heuristique visuelle : la production de représentations visuelles des pratiques permettra d’explorer et d’affiner quelques problématiques sociologiques liées à l’usage de VELOV.

Différentes formes de manifestations scientifiques autour des thèmes développés dans ce projet pourront être envisagées ultérieurement par les partenaires.

Références

- [1] P. Abry, R. Baraniuk, P. Flandrin, R. Riedi, and D. Veitch. Multiscale nature of network traffic. *IEEE Signal Processing Magazine*, 19 :28– 46, 2002.

- [2] P. Abry, P. Flandrin, and D. Veitch. Internet : comment réguler le trafic ? *La Recherche*, (384) :50–53, March 2005.
- [3] M. Barthélemy, B. Gondran, and É. Guichard. Spatial structure of the internet traffic. *Physica A*, pages 633–642, 2003.
- [4] Yu Chen and Eric Fleury. A distributed policy scheduling for wireless sensor networks. In *INFOCOM*, 2007.
- [5] Eric Fleury, Jean-Loup Guillaume, Celine Robardet, and Antoine Scherrer. Tools for the analysis of evolving sensor networks. In *IEEE Conference on Communication System Software and Middleware (COM-SWARE 2007)*, 2007. Invited paper.
- [6] É. Guichard. L'internet : retrouvailles de l'écriture et de la cartographie. *Revue de la Bibliothèque nationale de France*, 24 :51–55, 2006.
- [7] Jean-Loup Guillaume and Matthieu Latapy. Complex network metrology. *Complex Systems*, 16 :83–94, 2005.
- [8] Pablo Jensen. Network-based predictions of retail store commercial categories and optimal locations. *Phys. Rev. E*, 74 :035101(R), 2006.
- [9] Pascal Pons and Matthieu Latapy. Computing communities in large networks using random walks. *Journal of Graph Algorithms and Applications (JGAA)*, 10(2) :191–218, 2006.