

## Proposition de sujet de stage M2

MODÈLES MÉCANIQUES FORMELS POUR L'ALGORITHMIQUE DISTRIBUÉE, PROCÉDURES DE DÉCISION ET SEMI-DÉCISION

LIEUX : LIRIS	CÉDRIC
Bât Nautibus, campus de la Doua	CNAM Paris
25 avenue Pierre de Coubertin	292 Rue Saint-Martin,
69100 Villeurbanne France	75003 Paris France

PERSONNES ENCADRANT LE STAGE :

Emmanuel Coquery	Xavier Urbain	Pierre Courtieu
Tél. : 04 72 44 58 25	04 27 46 57 07	01 40 27 24 13
Email : {emmanuel.coquery, xavier.urbain}@univ-lyon1.fr		pierre.courtieu@cnam.fr

MOTS-CLEFS : algorithmique distribuée, démonstration automatique.

CONTEXTE ET OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Ce stage se place dans le contexte du projet ANR *SAPPORO* (2020-2024) dont sont partenaires l'université Lyon-1, Sorbonne Université, le CNAM Paris et le Tokyo Institute of Technology (Japon).  
<https://sapporo.liris.cnrs.fr>

On s'intéresse à l'application d'un outil théorique et pratique puissant pour l'étude de calculs distribués dans un graphe : les calculs locaux, lesquels vérifient de bonnes propriétés pour la compréhension, l'étude et l'analyse des systèmes distribués. Ils sont en effet suffisamment intuitifs pour permettre le développement de programmes et complètement formels, autorisant ainsi une démarche de certification. On peut les représenter par des réseaux de processeurs n'ayant accès qu'à des ressources locales, c'est-à-dire les états des voisins et des canaux qui y mènent. Le comportement d'un algorithme est donc déterminé par l'état initial du réseau, ses propriétés locales et globales, et enfin les primitives de communication. Les calculs locaux sont en fait des *systèmes d'interactions locales*. Parmi ces modèles, les systèmes de *réécriture de graphes étiquetés* de Litovsky, Métivier et Mosbah [3, 2] bénéficient du haut niveau d'abstraction apporté par la réécriture et ont permis l'obtention d'importants résultats (par exemple un algorithme d'élection de leader totalement asynchrone ne nécessitant que des messages de taille polynomiale). Ce sont eux que nous nous proposons d'utiliser dans ce projet.

Ce stage concerne l'*expression* et l'*analyse*, en termes de réécritures (de graphes puis de termes), des notions pertinentes pour des agents distribués dans un réseau.

À des fins d'*automatisation*, une partie de ces traductions sera implantée dans une boîte à outils logicielle pour systèmes de réécriture. On étudiera les systèmes produits afin de développer des techniques automatiques de preuve de propriété (par exemple de type *terminaison/stabilisation*).

Une *étude cas* intéressante pourra concerner la mise en évidence (automatisée) de propriétés souhaitées dans des entrepôts de données distribuées.

En effet, une des caractéristiques de l'écosystème No/MySQL est la diversité des solutions disponibles et leur côté ad hoc, correspondant à des compris variés en termes de cohérence [1]. À cause de cette diversité, il est important de pouvoir automatiser les approches de formalisation et de preuve du bon comportement de ces systèmes.

CONTEXT AND SCIENTIFIC GOALS

To study properties of distributed systems, we focus on a theoretical and practical model : *local calculi*, which have shown invaluable for the analysis of distributed systems. They indeed enjoy an intuitive formalism, as well as a completely formal aspect, enabling a certification approach. Roughly, they consist in networks of processors that can access local-only resources, that is the states of their neighbours and the relevant communication channels. The behaviour of an algorithm is thus determined by

the network's initial state, its local and global properties, and communication primitives. Local calculi are in fact *local interaction systems*; amongst those, *graph relabelling systems* [2, 3] enjoy the high level of abstraction brought by rewriting, and yield important results (e.g. an asynchronous leader election requiring for polynomial-size messages only).

This internship is dedicated to expressing and analysing relevant concepts and properties of distributed databases, in terms of (first graph-, then term-) rewriting.

The focus will be on the *automation* of the proof for some of those properties (for example, but not limited to, various notions of termination/stabilisation in that particular context). Hence, implantation into a rewriting toolbox, and analysis, research for, and design of dedicated proof techniques are expected.

An *interesting case study* could be the (automated) exhibition of relevant properties of distributed database management systems.

The No/NoSQL ecosystem proposes various solutions, remarkable for their diversity and a quite *ad hoc* aspect; they address different approaches for the weakening of consistency [1]. Automating those approaches, and hence verifying the correct behaviour of such DBMS is thus important, if not crucial.

COMPÉTENCES :

- Démonstration automatique et fondements de la programmation.
- Programmation fonctionnelle (Ocaml est un plus).
- Algorithmique distribuée.

## Références

- [1] Philip A. Bernstein and Sudipto Das. Rethinking eventual consistency. In Kenneth A. Ross, Divesh Srivastava, and Dimitris Papadias, editors, *Proceedings of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, SIGMOD 2013, New York, NY, USA, June 22-27, 2013*, pages 923–928. ACM, 2013.
- [2] Igor Litovsky and Yves Métivier. Computing Trees with Graph Rewriting Systems with Priorities. *Tree Automata and Languages*, pages 115–139, 1992.
- [3] Igor Litovsky, Yves Métivier, and Éric Sopena. Graph Relabelling Systems and Distributed Algorithms. In Hartmut Ehrig, Hans-Jörg Kreowski, Ugo Montanari, and Grzegorz Rozenberg, editors, *Handbook of Graph Grammars and Computing by Graph Transformation*, volume 3, pages 1–56. World Scientific, 1999.