

Proposition de sujet de stage M2

MODÈLES MÉCANIQUES FORMELS POUR L'ALGORITHMIQUE DISTRIBUÉE, GÉOMÉTRIES NON EUCLIDIENNES / APPROCHÉES / INCERTAINES

LIEUX : LIRIS
Bât Nautibus, Université Claude Bernard Lyon 1
69100 Villeurbanne

PERSONNES ENCADRANT LE STAGE :

Xavier Urbain (Lyon), Sylvain Brandel, Lionel Rieg (Grenoble)

Tél. : 04 27 46 57 07,
04 57 42 22 09

Email : xavier.urban@univ-lyon1.fr, sylvain.brandel@univ-lyon1.fr
lionel.rieg@univ-grenoble-alpes.fr

DIRECTEUR DU LABORATOIRE :

Mohand-Saïd Hacid

Email : mohand-said.hacid@univ-lyon1.fr

CONTEXTE ET OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

L'algorithmique distribuée fait partie des domaines où le raisonnement informel n'est pas une option, en particulier lorsque des erreurs dites byzantines peuvent survenir. Elle est également caractérisée par une grande diversité de modèles dont les modulations subtiles impliquent des propriétés radicalement différentes. On considère dans ce travail les « réseaux de robots » : nuages d'entités *autonomes* devant accomplir une tâche *en coopération*. Dans ce cadre émergent, les modèles sont distingués par les capacités des robots, la topologie de l'espace dans lequel ils évoluent, le degré de synchronisme (modélisé par les propriétés du démon d'activation), les caractéristiques des erreurs pouvant survenir, etc.

On s'intéresse à l'obtention, à l'aide de l'assistant à la preuve Coq, de garanties mécaniques formelles de propriétés de certains protocoles distribués [7]. Un modèle Coq¹ pour les réseaux de robots récemment présenté capture assez naturellement de nombreuses variantes de ces réseaux, notamment en ce qui concerne la topologie ou les propriétés des démons. Ce modèle, Pactole, est bien sûr à l'ordre supérieur et s'appuie sur des types coinductifs. Il permet de démontrer en Coq à la fois des propriétés positives : le programme embarqué dans chacun des robots permet de réaliser la tâche *quelle que soit* la configuration de départ [5, 2] comme des propriétés négatives : *il n'existe aucun* programme embarqué permettant de réaliser la tâche [4, 1].

Le stage aborde les aspects *géométriques* pouvant intervenir dans le comportement des robots. En effet, les modèles développés jusqu'à présent considèrent généralement une perception idéale de l'environnement, avec une précision absolue. Une approche plus « réaliste » doit prendre en compte les approximations des capteurs et, donc, se placer dans des géométries qui ne sont plus forcément euclidiennes (que se passe-t-il si des capteurs perçoivent une intersection de deux droites pourtant parallèles ? voire s'accommoder de perceptions incertaines [6] (que se passe-t-il si certains des agents distants ne sont parfois pas visibles ?)

Le stage consiste en l'étude, d'une part, et l'introduction au sein du framework formel, d'autre part, des moyens d'exprimer une *perception non exacte* (pour une définition raisonnable de « non exacte ») de l'environnement.

Une étude de cas intéressante pourrait, comme preuve de concept, s'attaquer à un résultat de correction de protocole ou d'impossibilité de tâche dans ce contexte, débouchant notamment sur la certification de correction de résultats de Cohen & Peleg [3] dans le cas imprécis, de Heriban et Tixeuil [6] dans le cas incertain.

Le travail portera au départ sur l'étude du modèle et des techniques de preuves utilisées par exemple dans les travaux de Cohen et Peleg [3] (et Yamamoto et al. [8] dans une version restreinte où l'inexactitude est uniforme).

1. <https://pactole.liris.cnrs.fr>

On s’attachera ensuite à intégrer au framework formel les techniques nécessaires pour aborder ces résultats.

On montrera enfin la faisabilité de l’approche en certifiant formellement qu’un théorème dans ce cadre est, ou non, correct.

COMPÉTENCES ACQUISES :

- Assistant à la preuve Coq,
- Algorithmique distribuée.

Références

- [1] Cédric Auger, Zohir Bouzid, Pierre Courtieu, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. Certified Impossibility Results for Byzantine-Tolerant Mobile Robots. In Teruo Higashino, Yoshiaki Katayama, Toshimitsu Masuzawa, Maria Potop-Butucaru, and Masafumi Yamashita, editors, *Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems - 15th International Symposium (SSS 2013)*, volume 8255 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 178–186, Osaka, Japan, November 2013. Springer-Verlag.
- [2] Thibaut Balabonski, Amélie Delga, Lionel Rieg, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. Synchronous gathering without multiplicity detection : A certified algorithm. *Theory of Computing Systems*, pages 200–218, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00224-017-9828-z>.
- [3] Reuven Cohen and David Peleg. Convergence of autonomous mobile robots with inaccurate sensors and movements. *SIAM J. Comput.*, 38(1) :276–302, 2008.
- [4] Pierre Courtieu, Lionel Rieg, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. Impossibility of Gathering, a Certification. *Information Processing Letters*, 115 :447–452, 2015.
- [5] Pierre Courtieu, Lionel Rieg, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. Certified universal gathering algorithm in \mathbb{R}^2 for oblivious mobile robots. In Cyril Gavoille and David Ilcinkas, editors, *Distributed Computing - 30th International Symposium, (DISC 2016)*, volume 9888 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 187–200, Paris, France, September 2016. Springer-Verlag.
- [6] Adam Heriban and Sébastien Tixeuil. Mobile robots with uncertain visibility sensors. In Keren Censor-Hillel and Michele Flammini, editors, *Structural Information and Communication Complexity - 26th International Colloquium, (SIROCCO 2019)*, volume 11639 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 349–352, L’Aquila, Italy, July 2019. Springer-Verlag.
- [7] Maria Potop-Butucaru, Nathalie Sznajder, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. Formal methods for mobile robots. In Paola Flocchini, Giuseppe Prencipe, and Nicola Santoro, editors, *Distributed Computing by Mobile Entities, Current Research in Moving and Computing*, volume 11340 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 278–313. Springer, 2019.
- [8] Kenta Yamamoto, Taisuke Izumi, Yoshiaki Katayama, Nobuhiro Inuzuka, and Koichi Wada. Convergence of mobile robots with uniformly-inaccurate sensors. In Shay Kutten and Janez Zerovnik, editors, *Structural Information and Communication Complexity, 16th International Colloquium, SIROCCO 2009, Piran, Slovenia, May 25-27, 2009, Revised Selected Papers*, volume 5869 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 309–322. Springer, 2009.