

Projet LRI ParSys-GALaC

Acronyme : **DyReCtion**

Titre long : **Dynamicité dans les Réseaux de Communications**

Participants (par ordre alphabétique) : **Joffroy Beauquier, Janna Burman, Johanne Cohen, Thomas Nowak, Laurence Pilard, Marc-Antoine Weisser**

Description scientifique du projet

Les systèmes distribués récents se distinguent des systèmes distribués classiques, essentiellement par la mobilité des nœuds et par l'évolution temporelle de leurs capacités de communication. Par exemple, deux nœuds en contact à un instant donné peuvent être éloignés quelques instants plus tard et ne plus pouvoir communiquer directement. Une batterie vide ou presque vide ne permet pas de communiquer de la même façon qu'une batterie chargée. Cet aspect dynamique est un élément compl tement nouveau et bien sûr essentiel.

C'est pourquoi sont apparus durant les dernières années des modèles de calcul réparti qui prennent en compte la dynamique du réseau.

Parmi eux, le modèle le plus célèbre est celui des *protocoles de populations*, introduit en 2004 dans [1]. Il décrit des agents mobiles anonymes se déplaçant de manière asynchrone et pouvant communiquer et échanger des informations deux à deux. La mobilité est représentée par un ordonnanceur, dont la seule contrainte concerne *l'équité*. Le but initial des protocoles de populations était de déterminer ce qui peut être calculé sous des hypothèses minimales. Différentes extensions (introduction d'une station de base, hypothèses de synchronisme partiel, modèles plus précis de mobilité, restriction sur les interactions entre les agents, etc.) ont permis d'étendre leur champ d'utilisation.

Un autre modèle dynamique qui a été beaucoup étudié récemment est celui des *overlays* [5]. Dans ce modèle, un processus ne peut communiquer qu'avec un processus qu'il connait, c'est à dire dont il connait le nom, soit parce qu'il s'agit d'une connaissance initiale, soit parce qu'il l'a reçu dans un message. Un tel réseau est dynamique d'une part parce que des processus peuvent disparaître alors que de nouveaux apparaissent, et d'autre part parce que la connaissance d'un processus évolue au cours du temps.

Un troisième cas dans lequel la dynamique est présente est celui des *réseaux de robots* (ou d'*agents*) mobiles [6,3]. Dans ce contexte, les robots se déplacent sur un graphe sous-jacent, d'un nœud à l'autre, en exécutant des opérations et en communiquant avec l'environnement selon des modes différents (capteurs, récupération d'informations des nœuds). Dans un cadre doublement dynamique, et très peu étudié, non seulement les robots sont mobiles, mais en plus le graphe sous-jacent évolue au cours du temps. Des problèmes comme, par exemple, *l'exploration perpétuelle* d'un réseau peuvent se poser dans ce cadre (ou des arêtes apparaissent ou disparaissent), mais en préservant la connectivité au cours du temps [4].

Tous ces modèles décrivent certains aspects de systèmes dynamiques. Pour l'analyse d'un système distribué donné, il s'agit de choisir celui qui modélise le mieux son type de dynamique. Or, ce que l'on observe, c'est qu'il n'y a pas un nombre bien défini de types de dynamique, mais qu'il s'agit en fait d'un spectre. Ce spectre va des réseaux fortement dynamiques sans aucune propriété de stabilité, comme les réseaux sans fil d'agents mobiles, à des réseaux avec changements de topologie très rares. Pour tous les décrire, il serait souhaitable d'avoir un modèle analytique qui les incorpore tous et qui permette de modéliser explicitement le degré de dynamique.

Un point de départ pourrait être le modèle TVG (*Time-Varying Graphs*), introduit dans [2]. Il est très général et prend en compte les modèles plus spécifiques présentés plus haut (protocoles de populations, overlays, évolution du graphe sous-jacent dans les réseaux de robots). Chacun d'eux apparaît comme une restriction des TVG.

Ce modèle est composé d'un graphe correspondant à un ensemble de nœuds et à un ensemble d'arêtes, représentant la possibilité d'interactions entre les deux nœuds. L'originalité de ce modèle est d'associer une dynamique à chacune des arêtes du graphe. Les communications entre les nœuds (présence d'une arête) sont considérées comme ayant lieu sur une période de temps fixée pendant la durée de vie du système.

Dans ce cadre, le projet s'articule autour de plusieurs thèmes. Tout d'abord, il se propose de concevoir des algorithmes distribués dans les différentes variantes issus des modèles TVG. Dans ce sens, il propose de se focaliser sur des problèmes algorithmiques classiques et essentiels comme les problèmes de construction de structures dans un réseau (couplage, arbre couvrant, arbre de Steiner, etc.). Il se propose aussi d'aborder des problèmes fondamentaux comme le comptage du nombre d'éléments, le consensus ou la collecte de données.

Les problèmes qui admettent des solutions sous différentes hypothèses de dynamique seront pour nous particulièrement intéressants, puisque nous aurons la possibilité de comparer leurs complexités et d'évaluer le « coût » de la dynamique.

L'analyse de la complexité d'un algorithme distribué dans ce modèle (par exemple, en nombre de messages) n'est pas simple. La complexité d'un algorithme dans un réseau dynamique dépend fortement des paramètres classiques des graphes (le nombre de nœuds, d'arêtes, le diamètre du graphe, etc.), mais aussi du nombre de modifications sur la topologie qui ont lieu pendant l'exécution.

Il est aussi à prévoir que certains problèmes seront impossibles à résoudre sous des hypothèses de forte instabilité. Un thème important du projet sera d'essayer d'établir les limites, en dessous desquelles les problèmes sont possibles et au-dessus desquelles ils ne le sont plus. Une question très importante est d'en comprendre les raisons (propriétés de connexité du graphe, mobilité, localité, etc.), pour pouvoir, par exemple, déterminer les éléments supplémentaires minimaux pour contourner ces impossibilités.

Compétences

Le projet nécessite donc des compétences multiples à la fois en algorithmique distribuée, en théorie des graphes et en théorie de la complexité.

Les membres participants de l'équipe ParSys travaillent depuis des années sur les algorithmes distribués, sur le modèle des protocoles de populations et sur la dynamique. Leurs compétences en matière de théorie des graphes, de calculabilité et de puissance de calcul sont réduites. C'est au contraire des domaines que les participants de l'équipe GALaC connaissent bien. Il y a donc là une convergence d'intérêts, au sein du même laboratoire, qui motive la présentation de ce projet commun, d'autant plus intéressant que les deux groupes n'ont jamais travaillé ni publié ensemble.

Mise en place et objectifs

La première action dans le cadre du projet sera de mieux connaître les types d'approches et de méthodologies des différents membres. Un groupe de lecture se réunira tous les 15 jours pour des exposés scientifiques suivis de discussions afin, d'une part, de converger sur un même vocabulaire scientifique et, d'autre part, d'avoir un survol des techniques scientifiques de chacun.

Ce groupe de travail aura également pour objectif de rassembler les compétences des deux équipes, afin de détecter un problème fondamental dans les systèmes dynamiques et de le résoudre sous différentes contraintes de dynamique.

À moyen terme, l'objectif est d'utiliser l'expérience de cette (ces) étude(s) afin d'extraire des propriétés génériques de faisabilité en fonction de la dynamique, nous amenant ainsi à comprendre quels sont les différents types de dynamique qui nous permettent, ou pas, de construire des solutions distribuées.

Un objectif à plus long terme du projet est de définir la puissance de calcul de ces modèles. Une telle étude conduirait à la définition de classes de complexité associées à la dynamique et permettrait d'améliorer la compréhension du domaine de façon considérable.

Bien sûr, une retombée de ce projet est l'obtention de résultats et de publications en commun sur les thèmes décrits.

Bibliographie

- [1] D. Angluin, J. Aspnes, Z. Diamadi, M. J. Fischer, R. Peralta. Computation in networks of passively mobile finite-state sensors. In Twenty-Third Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC), pages 290-299, 2004.
- [2] A. Casteigts, P. Flocchini, W. Quattrociocchi, and N. Santoro. Time-varying graphs and dynamic networks. In International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems (IJPEDES), 27(5):387-408, 2012.
- [3] P. Flocchini, G. Prencipe, N. Santoro, and P. Widmayer. Hard tasks for weak robots: The role of common knowledge in pattern formation by autonomous mobile robots. In 10th Int. Symp. on Algorithms and Computation (ISAAC), volume 1741 of LNCS, pages 93-102. Springer, 1999.
- [4] D. Ilcinkas, R. Klasing, and A. M. Wade. Exploration of constantly connected dynamic graphs based on cactuses. In Structural Information and Communication Complexity – 21th International Colloquium (SIROCCO), pages 250-262, 2014.
- [5] A. Koutsopoulos, C. Scheideler, T. Strothmann. Towards a Universal Approach for the Finite Departure Problem in Overlay Networks. Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems – 17th International Symposium (SSS), pages 201-216, 2015
- [6] I. Suzuki, M. Yamashita. Distributed Anonymous Mobile Robots. In Structural Information and Communication Complexity - 3rd International Colloquium (SIROCCO), pages 313-330, 1996.