

Sujet de M2 / stage recherche ingénieur - 2022

Méthodes tropicales pour le dimensionnement de centres d'appels

Encadrants :

Xavier Allamigeon (INRIA et École polytechnique) et Stéphane Gaubert (INRIA et École polytechnique); co-encadrants Pascale Bendotti (EDF Labs), Thomas Triboulet (EDF Labs).

Laboratoire d'accueil : Équipe Tropical, INRIA et CMAP, Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau cedex, <http://team.inria.fr/tropical>, en interaction avec EDF Labs, Saclay. Stage rémunéré. Date de démarrage : à partir du premier trimestre 2022; durée : au moins 4 mois.

Contact :

xavier.allamigeon@inria.fr,
stephane.gaubert@inria.fr,
pascale.bendotti@edf.fr
thomas.triboulet@edf.fr

Objectifs du sujet :

Application Ce sujet porte sur la modélisation et l'optimisation de centres d'appels. Il se situe dans le prolongement d'une série de travaux sur des centres d'appels d'urgence (17-18-112 et 15), et il vise spécifiquement une nouvelle application, portant sur le dimensionnement des équipes des centres de supervision régionaux d'EDF. Ces centres coordonnent notamment l'intervention de techniciens sur le terrain. Ces incidents arrivent par divers canaux (appels téléphoniques, flux informatiques) selon l'origine de l'incident. Chaque incident génère ensuite plusieurs appels sortants ou entrants entre l'équipe du centre de supervision et des techniciens sur le terrain. Il existe différents types d'incidents (4), qui déterminent le nombre, la fréquence et la durée des appels nécessaires pour traiter l'incident.

Un objectif du travail est d'évaluer des indicateurs de performance, basés sur le temps de complétion des différentes tâches, de les relier au dimensionnement du centre, et notamment de déterminer des politiques de priorité permettant d'optimiser l'affectation des personnels.

Travaux antérieurs sur les centres d'appels L'équipe INRIA a développé une méthode d'évaluation de performance de centres d'appels d'urgence, qui a été appliquée, depuis 2014, à la plate forme d'appels d'urgence PFAU 17-112-18 (collaboration avec la direction de programme PFAU au sein du SGA de la Préfecture de Police) et depuis 2019, aux centres de réception et de régulation des appels – centres 15, dans les départements 75, 92, 93 et 94 (collaboration avec les SAMU de l'AP-HP). Voir l'article sur le site INRIA¹ pour un aperçu de ce travail.

Cette approche repose sur des modèles de réseaux de Petri temporisés, qui permettent de prendre en compte les caractéristiques de fonctionnement d'un centre : présence de différents types d'appels, ayant des priorités adaptées, et exigeant des traitements par des personnels ayant des qualifications spécifiques; graduation des tâches à effectuer, partant du tri et de la priorisation des appels, se poursuivant leur instruction, et s'achevant par l'effectation (envoi et suivi de moyens sur le terrain). Ces modèles peuvent être analysés à l'aide de la géométrie tropicale, en exploitant le caractère affine par morceaux des dynamiques de priorité. De la sorte, le calcul de régimes stationnaires se ramène à la résolution de systèmes d'équations de nature polyédrale.

L'étude du centre de supervision d'EDF se distingue des travaux antérieurs par plusieurs caractéristiques : combinatoire importante en termes de suites de tâches à effectuer et de possibilités de priorisation, effets de "petits nombres" d'opérateurs, rendant moins précises les approximations en régime fluide.

1. <https://team.inria.fr/tropical/handling-emergency-calls-in-the-paris-area-an-application-of-tropical-geometry/>

Programme de travail. Une particularité du centre de supervision d'EDF est de nécessiter un arbitrage des priorités entre différentes tâches. On se propose de caractériser des politiques de priorité optimales pour des critères tels que le temps de traitement, en utilisant l'approche tropicale des réseaux de Petri. Une des pistes consisterait à démontrer que les systèmes d'équations de nature polyédrale qui gouvernent les débits en régime stationnaire sont équivalents à des programmes linéaires, ce qui permettrait d'aborder la détermination de priorités optimales. Ce travail pourra se poursuivre par l'étude de la performance en régime non-stationnaire, avec des techniques de géométrie polyédrale ou bien de "network calculus".

Un autre axe de développement du sujet concerne l'évaluation de performance et le dimensionnement en situation de crise (e.g., aléa climatique). On sera particulièrement intéressé à déterminer une politique de dimensionnement dynamique optimale, modélisant la possibilité de renforts.

Le travail de M2 est susceptible de se poursuivre en thèse, sur une thématique plus large, portant sur les méthodes mathématiques d'évaluation de performance et d'optimisation de centres d'appels d'urgence. Le sujet convient à des élèves ayant du goût à la fois pour la modélisation (application réelle) et pour les aspects mathématiques plus fondamentaux (systèmes dynamiques affines par morceaux, optimisation discrète, techniques tropicales).

Publications relatives au sujet :

- X. Allamigeon, V. Bœuf, and S. Gaubert. Performance evaluation of an emergency call center : Tropical polynomial systems applied to timed petri nets. In Sriram Sankaranarayanan and Enrico Vicario, editors, *Formal Modeling and Analysis of Timed Systems*, volume 9268 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 10–26. Springer International Publishing, 2015. <http://arxiv.org/abs/1508.06162>
- X. Allamigeon, M. Boyet, and S. Gaubert. Piecewise Affine Dynamical Models of Timed Petri Nets – Application to Emergency Call Centers, in *Proceedings of the Petri Nets conference, Paris, 2020*, arXiv :2004.09483
- X. Allamigeon, P. Benchimol, S. Gaubert, and M. Joswig. Tropicalizing the simplex algorithm. *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 29(2) :751–795, April 2015. <http://arxiv.org/abs/1308.0454>
- X. Allamigeon, P. Benchimol, and S. Gaubert. The tropical shadow-vertex algorithm solves mean payoff games in polynomial time on average. In Javier Esparza, Pierre Fraigniaud, Thore Husfeldt, and Elias Koutsoupias, editors, *Automata, Languages, and Programming – 41st International Colloquium, ICALP 2014, Copenhagen, Denmark, July 8-11, 2014, Proceedings, Part I*, volume 8572 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 89–100. Springer Berlin Heidelberg, 2014. <http://arxiv.org/abs/1406.5433>
- X. Allamigeon, S. Gaubert, and E. Goubault. Computing the vertices of tropical polyhedra using directed hypergraphs. *Discrete & Computational Geometry*, 49(2) :247–279, 2013. <http://arxiv.org/abs/0904.3436v4>