

OPTIMISATION DE L'ORGANISATION DE SERVICES D'URGENCES HOSPITALIÈRES

Proposition de sujet de stage de M2 (mathématiques appliquées)
ou de fin d'études en école d'ingénieurs

1. CONTEXTE

Ce sujet de stage s'appuie sur une collaboration entre des chercheurs d'une équipe d'optimisation de l'INRIA (Tropical, INRIA Saclay – Ile-de-France, commune au CMAP, École polytechnique, CNRS) et des personnels soignants urgentistes de l'AP-HP, dans le cadre du laboratoire commun "Bernoulli" INRIA-AP-HP, avec la participation d'une fédération regroupant une vingtaine de services d'urgences de la région parisienne.

Ce travail est motivé par la congestion chronique observée dans les services d'accueil des urgences, en raison de la hausse de la fréquentation depuis 10 ans. L'enjeu est de développer des modèles mathématiques de ces services, suffisamment génériques pour prendre en compte différentes spécificités (taille du service, caractéristiques de la population, etc.), pouvant ensuite être utilisées pour proposer des recommandations de dimensionnement des ressources (médecins, infirmiers, locaux, matériels) mais aussi de comparer différentes organisations envisagées par les urgentistes.

2. MÉTHODES

On s'appuiera sur des modèles de systèmes à événements discrets, et notamment de réseaux de Petri, qui peuvent être représentés par des systèmes dynamiques affines par morceaux, et analysés par des techniques issues de la théorie des processus de décision Markoviens et de la géométrie tropicale. Il s'agit notamment de déterminer analytiquement des diagrammes de phases, donnant les différents régimes de congestion, en fonction des ressources "goulot". Cette approche analytique pourra être raffinée par une étude probabiliste, ou en s'appuyant sur des outils de simulation pré-existants.

Une première phase du travail consistera à modéliser le fonctionnement de plusieurs services d'urgence, en y effectuant des visites d'observation, afin de dégager un modèle générique. Une analyse des données (journaux d'horodatage des différents actes) permettra de paramétrer de manière réaliste ces modèles. Il s'agira ensuite de développer des algorithmes permettant d'énumérer les phases de congestion, ce qui pourra être abordé à l'aide de géométrie polyédrale. On cherchera aussi à quantifier l'écart entre les évaluations analytiques des indicateurs de performance, qui par nature reposent sur des approximations de "limite d'échelle" (précises pour des services de très grande taille), et la performance réellement observée. Le travail donnera lieu à des interactions régulières avec des médecins et infirmiers de services d'urgences, et notamment à des présentations des résultats obtenus par la modélisation mathématiques, auprès de ceux-ci.

Le travail pourra s'appuyer sur l'expérience acquise par l'équipe Tropical dans la modélisation de plate-formes de réception des appels d'urgences, la PFAU 17-18-112, et les SAMU de l'AP-HP.

3. PROFIL RECHERCHÉ

Ce sujet est adapté à un ou une élève intéressé.e par la modélisation mathématique et l'optimisation, et ayant aussi un goût pour les applications au domaine de la santé. La composante méthodologique du travail a une forte composante mathématique (systèmes dynamiques, géométrie polyédrale et tropicale). Il serait aussi souhaitable d'avoir une certaine aisance en matière d'analyse de données.

Ce stage ouvre la perspective de poursuivre en thèse de mathématiques appliquées, avec les mêmes équipes co-encadrantes, grâce à un financement du Laboratoire Bernoulli.

4. ENCADREMENT

Le sujet sera co-encadré par X. Allamigeon (Chercheur au sein de l'équipe Tropical, et professeur chargé de cours à l'école polytechnique), S. Gaubert (Directeur de recherche, Tropical, et professeur à l'école polytechnique), J. Leblanc (MdC, Sorbonne Université et Hôpital Saint-Antoine), et Y. Yordanov (PU-PH, Sorbonne Université, et Hôpital Saint-Antoine). Le stagiaire recevra une gratification de l'INRIA.

Contacts : `Xavier.Allamigeon@inria.fr` et `Stephane.Gaubert@inria.fr`
<http://www.cmap.polytechnique.fr/~allamigeon/>
<http://www.cmap.polytechnique.fr/~gaubert/>

RÉFÉRENCES

- [ABG15] X. Allamigeon, V. Boëuf, and S. Gaubert. Performance evaluation of an emergency call center : Tropical polynomial systems applied to timed Petri nets. In S. Sankaranarayanan and E. Vicario, editors, *Proceedings of FORMATS*, volume 9268 of *LNCS*, pages 10–26. Springer, 2015.
- [ABG21] Xavier Allamigeon, Marin Boyet, and Stéphane Gaubert. Piecewise affine dynamical models of timed petri nets – application to emergency call centers. *Fundamenta Informaticae*, 183(3-4) :169–201, 2021.
- [ABG22] X. Allamigeon, M. Boyet, and S. Gaubert. Computing transience bounds of emergency call centers : a hierarchical timed Petri net approach. In *Proceedings of PETRI NETS 2022*, number 13288 in *LNCS*. Springer, 2022.