

Ce projet de recherche vise à développer un outil d'intelligence artificielle (IA) capable de proposer des scénarios pour le problème de localisation et de dimensionnement des unités mobiles de soins médicaux, afin d'améliorer l'accès aux soins dans les déserts médicaux. L'objectif est de maximiser la couverture du territoire tout en tenant compte des besoins des patients, de la disponibilité des soignants et de l'incertitude de la demande en services de santé. L'outil proposera une solution acceptable, dans la mesure où elle répondra aux besoins de la population.

En effet, l'un des plus grands problèmes actuels du système de santé français est la présence de déserts médicaux. Le système de santé français peine à assurer un accès égalitaire aux services de santé partout sur le territoire en raison de la répartition inégale des professionnels de santé à travers le pays, créant ainsi des zones médicalement mal desservies, souvent des zones rurales et moins attractives. Ce problème s'aggrave avec le vieillissement de la population. Selon Santé publique France, les personnes âgées représentent actuellement un quart de la population française et pourraient atteindre un tiers d'ici 2050. Cette tendance démographique entraîne une demande croissante en services de santé et constitue un défi pour le système de santé français. Le vieillissement de la population augmente la demande en soins et rend nécessaire l'amélioration des services médicaux, en particulier dans les zones mal desservies. Les hôpitaux de proximité et les unités mobiles, définis par la loi, peuvent offrir une solution efficace en assurant un lien entre les soins primaires et spécialisés, et en permettant, dans certains cas, le maintien à domicile. Toutefois, leur localisation et leurs ressources humaines doivent être planifiées avec soin, en tenant compte des compétences disponibles et des contraintes budgétaires.

D'un point de vue managérial, la couverture en santé dans les zones sous-dotées en médecins pose la question du choix des infrastructures, de leur emplacement et de leurs capacités respectives en termes de personnel soignant. De plus, ces questions doivent être résolues sans qu'une connaissance complète des besoins de santé (par exemple en termes de typologie, de quantité et de localisation) ni une certitude sur les ressources humaines disponibles ne soient disponibles. La pandémie de Covid-19 a été un exemple de pic de demande imprévu qui aura probablement un impact sur la disponibilité des soignants⁽¹⁾. Parallèlement, les ressources financières sont limitées et les solutions doivent être contraintes à un certain budget. Dans ce contexte, l'efficacité du réseau de soins de santé est cruciale pour garantir la viabilité financière du système. Le présent projet vise à proposer une approche intégrée pour répondre à ces questions.

Les problèmes de localisation des infrastructures et de leur dimensionnement ont été largement étudiés dans le contexte de la santé (2, 4), mais rarement dans un schéma intégré, où les décisions de localisation sont également influencées par des aspects de planification. Cette approche est beaucoup plus présente dans la littérature sur la gestion de la chaîne logistique dans l'industrie. Cependant, dans ce dernier contexte, la capacité n'est pas liée aux ressources humaines.

Une étude récente sur un problème similaire dans le secteur de la santé est présentée dans [3]. Les auteurs ont étudié le problème de localisation des installations pour tester l'infection au Covid-19, en prenant en compte le dimensionnement nécessaire pour les kits de test. Leur approche se compose de deux phases indépendantes : dans la première phase, les localisations et les dimensionnements sont déterminés, puis les mauvaises décisions éventuellement prises sont corrigées dynamiquement en augmentant ou en réduisant la capacité dans la deuxième phase. Cette approche n'est pas valable pour le cas présent, car, selon les localisations choisies, une augmentation du nombre de médecins ou d'infirmiers n'est peut-être pas possible. Les disponibilités, voire les besoins des agents de santé, doivent être pris en compte dès la première phase pour qu'une solution puisse être adaptée.

Si des études ont abordé la question de la localisation des infrastructures de santé, peu d'entre elles intègrent la planification des ressources humaines. Ce projet propose une approche intégrée dans laquelle

la localisation des unités mobiles de santé et la taille des équipes sont optimisées conjointement afin de répondre aux besoins des patients, tout en respectant les contraintes financières et de ressources humaines. Notre objectif est de développer une approche robuste qui fournit des solutions réalisables dans plusieurs scénarios de demande futurs.

En résumé, les principaux objectifs et résultats visés sont :

- Génération de scénarios à partir de modèles de machine learning. Validation de leur crédibilité par des experts.
- Modélisation mathématique du problème conjoint de localisation d'unités de santé mobiles et du dimensionnement des personnels en tenant compte de l'incertitude de la demande.
- Premiers tests numériques avec une méthode de programmation stochastique.

Pour candidater :

Envoyer CV, relevés de notes Master 1 & 2, et lettres de recommandation à rui.sa.shibasaki@u-picardie.fr

Laboratoire d'accueil

Laboratoire Modélisation, Information & Systèmes (UR UPJV MIS 4290)

Le MIS (Unité de Recherche UPJV 4290) développe depuis 2017 un axe transversal à l'ensemble de ses équipes autour des questions relatives à la e-Santé. Cet axe transversal intervient d'ores et déjà sur des projets couvrant les questions d'organisation des soins (LORH, 3-PU), d'aide à la décision médicale (PSPC PIA3 Smart Angel, e-Moove, Aide à la caractérisation du TSA, GRECO), de la mobilité du patient (ANR ADAPT) ou encore d'assistance à la chirurgie robotisée (GRECO). Concernant ce dernier point, le MIS est l'Unité de Recherche STIC/SPI fondatrice du Groupement de Recherche et d'Etudes en Chirurgie rObotisée (GRECO) en partenariat avec deux unités de Recherche en Santé (UR SSPC et UR CHIMERE) et avec le Centre de Simulation en Santé CPA SimUSanté. Le MIS fait également partie des trois unités cœur de métier du récent PIA4 MAIA, lauréat en vague 2 de l'AAP Excellences sous toutes ses Formes. Sur ce projet, le MIS est le référent des lots relatifs au domaine d'application relevant de l'IA pour la Santé. Le projet de thèse LOCMED s'inscrit directement dans la continuité de l'axe e-Santé du MIS.

Équipe:

Corinne LUCET (corinne.lucet@u-picardie.fr)

Professeur des Universités

IUT D'Amiens, Université de Picardie Jules Verne

Rui SA SHIBASAKI (rui.sa.shibasaki@u-picardie.fr)

Maître de Conférences

UFR des Sciences, Université de Picardie Jules Verne

Emilien ARNAUD (emilien.arnaud@u-picardie.fr) Médecin Urgentiste, Ph.D.

CHU Amiens-Picardie **Références**

- [1] Or, Z., Gandré, C., Seppänen, A.-V., Hernández-Quevedo, C., Webb, E., Michel, M. and Chevreul, K. (2023). France: health system review. *Health Systems in Transition* 25, 1–240;
- [2] Ahmadi-Javid, A., Seyedi, P., and Syam, S. S. (2017). A survey of healthcare facility location. *Computers & Operations Research*, 79, 223-263;
- [3] Liu, K., Liu, C., Xiang, X., and Tian, Z. (2023). Testing facility location and dynamic capacity planning for pandemics with demand uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 304(1), 150-168;
- [4] Birge, J.R., Louveaux, F., 2011a. *Introduction to Stochastic Programming*. Springer, Berlin;
- [5] Shibasaki, R. S., Rossi, A., & Gurevsky, E. (2023). A new upper bound based on Dantzig-Wolfe decomposition to maximize the stability radius of a simple assembly line under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 313(3), 1015-1030;

- [6] **Shibasaki, R. S.**, Baiou, M., Barahona, F., Mahey, P., & de Souza, M. C. (2021). Lagrangian bounds for large-scale multicommodity network design: a comparison between Volume and Bundle methods. *International Transactions in Operational Research*, 28(1), 296-326;
- [7] Caillard, S., Brisoux-Devendeville, L., **Lucet, C.** (2023). SimU-TACS: Ant Colony System for a planning problem in health simulation training. *Applied Soft Computing* 148, 110848;
- [8] **Lucet, C.**, Caillard, S., Brisoux-Devendeville, L. (2022). Variable neighborhood search for a planning problem with resource constraints in a health simulation center. *Applied Intelligence* 52, 6245-6261;
- [9] **Arnaud, E.**, Elbattah M., Ammirati, C., Dequen G., Ghazali D.A. (2022). Use of artificial intelligence to manage patient flow in emergency department during the Covid-19 pandemic: a prospective, single-center study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(15), 9667;
- [10] **Arnaud, E.**, Elbattah M., Ammirati, C., Dequen G., Ghazali D.A. (2023). Predictive models in emergency medicine and their missing data strategies: a systematic review. *npj Digital Medicine* 6(1), 28;