

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
MANIER Marie-Ange	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard - France	PES	Présidente
EL BEQQALI Omar	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse
KHARRAJA SAID	Université Jean Monnet Saint-Etienne - France	HDR	Directeur de thèse
RIFFI Jamal	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	MCH	Co-directeur de thèse
MAJDA Aicha	FSJES, UMI, Meknès	PES	Rapporteuse
JOURDAN Laetitia	Université de Lille - France	PES	Rapporteuse
LOQMAN Chakir	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Rapporteur
DEROUSSI laurent	Université Clermont Auvergne- France	HDR	Examineur
BOUJRAF Saïd	Faculté de Médecine, de Pharmacie et de Médecine Dentaire, Fès	PES	Invité



Résumé :

Les pandémies récentes, notamment la COVID-19, ont mis en évidence les vulnérabilités structurelles et organisationnelles des systèmes hospitaliers. Face à une demande massive et soudaine de soins, les services d'urgence ont souffert de congestion, de délais prolongés et de difficultés d'allocation des ressources. De même, les campagnes de vaccination de grande ampleur ont révélé la complexité d'assurer une couverture rapide et équitable dans un contexte de pénurie. Ces constats soulignent la nécessité de développer des outils d'aide à la décision capables de renforcer la préparation hospitalière aux futures pandémies et d'améliorer la résilience des services de santé dans des environnements dynamiques et incertains.

Cette thèse propose un cadre hybride intégrant intelligence artificielle et optimisation afin d'apporter des solutions innovantes à trois problématiques majeures : l'optimisation des structures hospitalières, le triage intelligent et la gestion des files d'attente, et l'allocation équitable des vaccins.

Le premier axe concerne l'optimisation des structures hospitalières, aussi connue sous le nom de Facility Layout Problem (FLP). Une revue de littérature approfondie a permis d'identifier les limites des approches classiques face aux contraintes pandémiques, notamment en termes de flexibilité et de capacité d'adaptation. Un modèle basé sur l'optimisation par essaims de particules (PSO) a ensuite été développé pour concevoir des structures hospitalières d'urgence résilientes, en intégrant des critères spécifiques tels que la distanciation, l'isolement et la réduction des flux croisés.

Le deuxième axe porte sur le triage intelligent et la gestion des flux de patients. Des algorithmes de classification (Random Forest, XGBoost, LightGBM) ont été utilisés pour prédire la gravité des patients et anticiper la charge hospitalière. Ces modèles ont été couplés à des techniques d'optimisation (PSO, algorithmes génétiques) afin d'ajuster les ressources médicales, d'améliorer la priorisation et de réduire les temps d'attente. Cette hybridation intelligence artificielle-optimisation permet d'obtenir des solutions adaptatives conciliant efficacité opérationnelle et qualité des soins.

Enfin, le troisième axe s'intéresse à l'allocation équitable et efficace des vaccins. Un modèle d'optimisation multi-objectif a été proposé pour concilier deux dimensions souvent contradictoires : l'efficacité, à travers la minimisation des délais et la maximisation de la couverture, et l'équité, assurant un accès proportionné selon les critères épidémiologiques et sociaux. Ce cadre offre aux décideurs un outil stratégique pour planifier et ajuster la distribution vaccinale en situation de crise.

En conclusion, cette recherche contribue à la conception de systèmes de santé plus agiles, durables et résilients face aux crises sanitaires futures.

Mots clés :

Système d'aide à la décision, Optimisation, Intelligence artificielle, Résilience hospitalière, Pandémie



DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING HEALTHCARE DEMAND AND VACCINATION DURING PANDEMIC OUTBREAKS (COVID-19/DISEASE X)

Abstract :

Recent pandemics, particularly COVID-19, have exposed structural and organizational vulnerabilities in healthcare systems. Faced with a sudden and massive demand for care, emergency departments experienced congestion, extended waiting times, and challenges in resource allocation. Likewise, large-scale vaccination campaigns revealed the complexity of ensuring rapid and equitable coverage in contexts of shortage. These observations highlight the need for decision-support tools capable of strengthening hospital preparedness for future pandemics and improving the resilience of healthcare systems in dynamic and uncertain environments.

This thesis proposes a hybrid framework integrating artificial intelligence and optimization to address three major challenges: hospital layout optimization, intelligent triage and queue management, and equitable vaccine allocation.

The first research axis focuses on hospital layout optimization, also known as the Facility Layout Problem (FLP). A comprehensive literature review identified the limits of classical approaches under pandemic constraints, particularly regarding flexibility and surge capacity. A model based on Particle Swarm Optimization (PSO) was developed to design resilient emergency department layouts, incorporating pandemic-specific criteria such as distancing, isolation, and the minimization of cross-flows.

The second axis deals with intelligent triage and patient flow management. Machine learning algorithms such as Random Forest, XGBoost, and LightGBM were used to predict patient severity and anticipate hospital demand. These predictive models were coupled with metaheuristic optimization methods (PSO and Genetic Algorithms) to determine optimal resource allocation, improve patient prioritization, and reduce waiting times. This hybrid AI-optimization approach provides adaptive and efficient solutions that balance operational performance and quality of care.

Finally, the third axis addresses the equitable and efficient allocation of vaccines. A multi-objective optimization model was developed to reconcile two often-conflicting goals: efficiency through the minimization of vaccination delays and maximization of coverage—and equity, defined as fair access based on epidemiological and social criteria. The proposed framework offers decision-makers a strategic tool for planning and adjusting vaccine distribution during health crises.

In conclusion, this research contributes to the development of agile, sustainable, and resilient healthcare systems better prepared to face future pandemics.

Key Words :

Decision Support System, Optimization, Artificial Intelligence, Hospital Resilience, Pandemic