



Avis de Soutenance

Monsieur WENHENG LIU

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **mardi 14 décembre 2021** à 10h00
Lieu : UTBM Site de Belfort, Rue Thierry Mieg, 90000 BELFORT
Salle : E107

Titre des travaux : Modélisation et résolution des problèmes d'acheminement et de planification des soins de santé à domicile avec des visites synchronisées et des pauses déjeuner

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 61

Unité de recherche : Laboratoire de Nanomédecine, Imagerie, Thérapeutique

Directeur de thèse : Amir HAJJAM EL HASSANI

Codirecteur de thèse : Mahjoub DRIDI HDR NON HDR

Soutenance : Publique A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Amir HAJJAM EL HASSANI	Maître de conférences	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
M. Khaled MESGHOUNI	Maître de conférences	École Centrale de Lille	Rapporteur
M. Farouk YALAOUI	Professeur	Université de technologie de Troyes	Rapporteur
M. Mahjoub DRIDI	Maître de conférences	Université Bourgogne - Franche-Comté	Co-directeur de thèse
M. Abdellah EL MOUDNI	Professeur	Université Bourgogne - Franche-Comté	Examineur
Mme Valérie BOTTA-GENOULAZ	Professeur	INSA Lyon	Examinatrice
Mme Hongying FEI	Professeure associée	Université de Shanghai	Co-encadrante de thèse
M. Feifeng ZHENG	Professeur	Donghua University	Examineur

Mots-clés : Soins à domicile, ordonnancement, routage, modèle de programmation mixte-entier, métaheuristique,

Résumé de la thèse (en français) :

Au cours des dernières années, le problème d'acheminement et de planification des soins à domicile (HHCRSP) est devenu un sujet de recherche émergent, qui consiste à répartir les soignants pour fournir les au domicile du patient et la conception des parcours de visite pour les soignants. Cette thèse porte sur le HHCRSP avec deux contraintes complexes : les visites synchronisées et les pauses déjeuner. Des visites synchronisées sont encourues puisque certains patients ont besoin d'un type de service qui doit être effectué simultanément par au moins deux soignants. Le problème devient difficile car les visites synchronisées relient les parcours des soignants. Les pauses déjeuner sont des contraintes particulières qui ne doivent être prises en compte que lorsque la condition de pause est atteinte. L'heure et le lieu de la pause doivent être soigneusement planifiés pour chaque soignant lorsque l'itinéraire de la visite est planifié afin de minimiser l'influence inattendue de telles pauses sur les visites ultérieures. Le corps principal de la thèse est composé de trois parties indépendantes. (1) Un HHCRSP de base qui prend en compte les visites synchronisées, les pauses déjeuner et les fenêtres horaires est proposé. Le problème est formulé comme un modèle de programmation mixte. Quatre métaheuristiques hybrides, un algorithme mémétique basé sur l'algorithme génétique (GA) et la recherche locale (LS), une recherche de voisinage à variable générale génétique hybride basée sur l'AG et la recherche de quartier à variable générale, un recuit simulé génétique hybride basé sur GA et un recuit simulé (SA), et un recuit simulé hybride (HSA) basé sur SA et LS, sont développés pour résoudre le problème. Numérique les résultats obtenus avec les instances, adaptés à partir d'un ensemble d'instances de référence, prouvent que la recherche de voisinage à variable générale génétique hybride (HGGVNS) montre les meilleures performances parmi quatre algorithmes. Par ailleurs, des analyses de sensibilité sont menées pour évaluer l'impact des échelles de synchronisation, du temps largeurs de fenêtre, règlements de rupture et stratégies de départ sur les solutions finales. (2) Le HHCRSP de base est étendu en ce qui concerne les temps de trajet dépendant du temps, les temps de service flous et les fenêtres horaires multiples. Le problème est formulé comme un modèle d'optimisation flou et résolu par une recherche adaptative de grand voisinage (ALNS) spécialement conçue. Les résultats expérimentaux sur les instances de test générées et les instances de référence de la littérature mettent en évidence l'efficacité de l'ALNS. De plus, une étude de cas est présentée pour présenter la mise en œuvre du cadre théorique proposé dans la vie réelle. (3) Le HHCRSP de base est en outre étendu à un HHCRSP à périodes multiples, dans lequel les contraintes avec des caractéristiques à périodes multiples telles que la continuité des soins et l'équilibrage de la charge de travail sont prises en compte. La matheuristique qui intègre l'ALNS avec la programmation mathématique est conçue pour le problème. La matheuristique peut être classée en deux versions, matheuristique1 et matheuristique2, en fonction des différentes manières de combiner ALNS et programmation mathématique. Les résultats expérimentaux sur des instances de référence mettent en évidence les excellentes performances de la matheuristique proposée et les résultats sont assez encourageants par rapport à l'ALNS pur et le solveur Gurobi. Enfin, l'analyse de sensibilité est menée pour révéler comment les caractères du modèle affectent les solutions.

Abstract (in English):

In recent years, home health care routing and scheduling problem (HHCRSP) has become an emerging research topic, which consists of dispatching caregivers to provide the service at the patient's domicile and designing the visit routes for caregivers. This thesis deals with the HHCRSP with two complex constraints: synchronized visits and lunch breaks. Synchronized visits are incurred since some patients require one kind of service that needs to be performed simultaneously by at least two caregivers. The problem becomes challenging because synchronized visits interconnect caregivers' routes. Lunch breaks are special constraints that should be considered only when the break condition is reached. The break time and location should be carefully scheduled for each caregiver when the visit route is planned to minimize the unexpected influence of such breaks on the subsequent visits. The main body of the thesis is composed of three independent parts. (1) A basic HHCRSP that considers synchronized visits, lunch breaks, and time windows is proposed. The problem is formulated as a mixed-integer programming (MIP) model. Four hybrid metaheuristics, memetic algorithm based on genetic algorithm (GA) and local search (LS), a hybrid genetic general variable neighborhood search based on GA and general variable neighborhood search, a hybrid genetic simulated annealing based on GA and simulated annealing (SA), and a hybrid simulated annealing (HSA) based on SA and LS, are developed to solve the problem. Numerical results obtained with the instances,

adapted from a set of benchmark instances prove that the hybrid genetic general variable neighborhood search (HGGVNS) shows the best performance among four algorithms. Furthermore, sensitivity analyses are conducted to evaluate the impact of synchronization scales, time window widths, break regulations, and departure strategies on the final solutions. (2) The basic HHCRSP is extended by concerning time-dependent travel times, fuzzy service times and multiple time windows. The problem is formulated as a fuzzy optimization model, and solved by a particular designed adaptive large neighborhood search (ALNS). The experimental results on generated test instances and benchmark instances from the literature highlight the efficiency of ALNS. Furthermore, a case study is given to present the implementation of the proposed theoretical framework in real-life. (3) The basic HHCRSP is further extended to a multi-period HHCRSP, in which the constraints with multi-period features such as continuity of care and workload balancing are considered. The matheuristic that integrates the ALNS with mathematical programming is devised for the problem. The matheuristic can be classified into two versions, matheuristic1 and matheuristic2, based on the different ways to combine ALNS and mathematical programming. The experimental results on benchmark instances highlight the excellent performance of the proposed matheuristic and the results are quite encouraging compared with the pure ALNS and Gurobi solver. At last, the sensitivity analysis is conducted to reveal how characters in the model affect the solutions.