

Soutenance de thèse

Camille LESCUYER soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA DECISIO et intitulée «*Programmation mathématique et heuristiques pour l'allocation des ressources de satellites de télécommunication*»

Le 20 mai 2025 à 9h30, Salle de conférence LAAS-CNRS 7 Av. du Colonel Roche, 31400 Toulouse

devant le jury composé de

M. Cédric PRALET	ONERA	Directeur de thèse
M. Christian ARTIGUES	LAAS-CNRS	Co-directeur de thèse
M. Jonathan GUERRA	Airbus Defence and Space	Co-directeur de thèse
Mme Andréa Cynthia SANTOS	Université Le Havre Normandie	Rapporteuse
M. Jin-Kao HAO	Université d'Angers	Rapporteur
Mme Ivana LJUBIC	ESSEC Business School	Examinatrice
M. Laurent HOUSSIN	Université de Toulouse	Examineur
Mme Nadia BRAUNER	Université Grenoble Alpes	Examinatrice
M. Jean-Thomas CAMINO	Intelsat	Membre invité

Résumé : Cette thèse s'attaque au défi d'optimiser l'allocation des ressources dans les satellites de télécommunications pour répondre à la demande croissante de services et aux exigences complexes des opérateurs, tout en préservant les ressources limitées à bord. Deux algorithmes heuristiques ont été développés pour optimiser un satellite de télédiffusion sur des zones géographiques, en combinant des problèmes de coloriage et de couverture.

De plus, des formulations innovantes sont proposées pour utiliser des méthodes de décomposition, améliorant le temps de calcul et la qualité des solutions. Un problème d'allocation de ressources pour une constellation de satellites en orbite terrestre basse (LEO) est également abordé, en tenant compte de l'échelle réelle, avec des centaines de satellites et des milliers de cellules au sol. Un modèle mathématique est développé pour maximiser la capacité allouée et garantir la continuité du service. Pour améliorer l'efficacité computationnelle, une nouvelle formulation est introduite en utilisant des graphes de flux maximum à coûts minimaux. Cette approche maximise l'allocation de capacité d'un terminal utilisateur et la durée des liens créés, en utilisant des chemins formés par les satellites visibles à chaque instant. Un algorithme complémentaire est présenté du point de vue du satellite. Ces heuristiques montrent des améliorations significatives en termes de transitions (handovers) et de temps de calcul.

La thèse met en évidence l'impact des différentes technologies et missions de télécommunications sur la nature des problèmes d'allocation de ressources et leurs difficultés, en se concentrant sur le développement d'algorithmes industrialisables et adaptables pour chaque problème.

Mots-clés : Recherche opérationnelle, Charge Utile, Télécommunications spatiales, Programmation mathématique, Heuristique, Méthode de décomposition

Summary: This thesis tackles the challenge of optimizing resource allocation in telecommunications satellites to meet the increasing demand for services and complex operator requirements while preserving onboard limited resources. Two heuristic algorithms have been developed to optimize a broadcasting satellite for geographical areas, combining colouring and coverage problems.

Additionally, innovative formulations are proposed for decomposition methods, improving computation time and solution quality. A resource allocation problem for a constellation of low Earth

orbit (LEO) satellites is also addressed, taking into account the real scale, with hundreds of satellites and thousands of ground cells. A mathematical model is developed to maximize allocated capacity and ensure service continuity.

To improve computational efficiency, a new formulation is introduced using minimum cost maximum flow graphs. This approach maximizes the allocation of capacity for a user terminal and the duration of links, using paths formed by visible satellites at each instant. A complementary algorithm is presented from the satellite's perspective. These heuristics show significant improvements in terms of transitions (handovers) and computation time.

The thesis highlights the impact of different telecommunication technologies and missions on the nature of resource allocation problems and their difficulties, focusing on the development of industrializable and adaptable algorithms for each problem.

Keywords: Operational research, Payload, Spatial telecommunication, Mathematical programming, Heuristic, Decomposition Methods