

Document confidentiel à ne pas imprimer

Nouvelles approches d'optimisation stochastique appliquées au processus de conception d'un véhicule aérospatial

Thématique scientifique : Conception et optimisation des systèmes

Sujet mixte MI et GI



retour sur innovation

Equipe encadrante

Responsables EISTI du sujet:

Rachid Chelouah : Directeur de recherche à l'EISTI et Directeur du Master Architecture, Data Exploration and Optimization à l'Université Paris-Seine.

Spécialité : IA, Recherche opérationnelle, Algorithmes d'optimisation et aide à la décision, Traitement parallèle et distribué, réseau.

Stefan Bornhofen: Responsable de l'option Visual Computing.

Spécialité : Réalité augmentée, Synthèse d'images, visualisation 2D et 3D.

Encadrants Onera :

Romain Wuilbercq : Ingénieur de recherche.

Spécialité : Conception/Optimisation et Modélisation Multidisciplinaire.

Arnault Tremolet : Ingénieur de recherche

Spécialité : Conception/Optimisation Multidisciplinaire multi-objectifs, Simulation, mécanique du vol.

2 Parties proposées dans le cadre de ce sujet :

- Une première orientée modélisation 3D et visualisation
- Une seconde orientée algorithmique

Environnement de développement :

- Programmation Python, C, C++
- Optimisation avec contraintes
- Heuristiques
- Visualisation

Présentation de la thèse

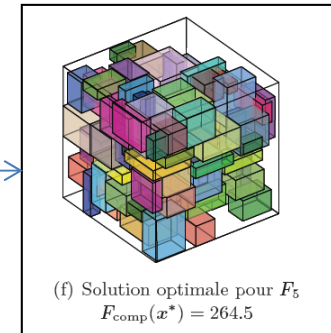
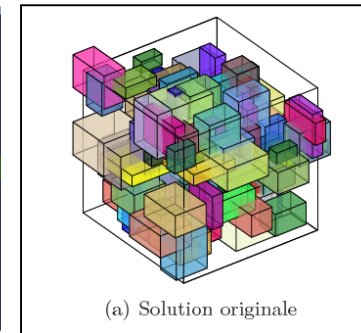
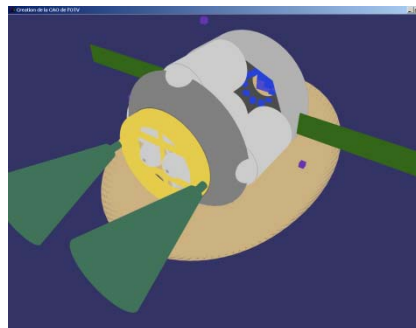
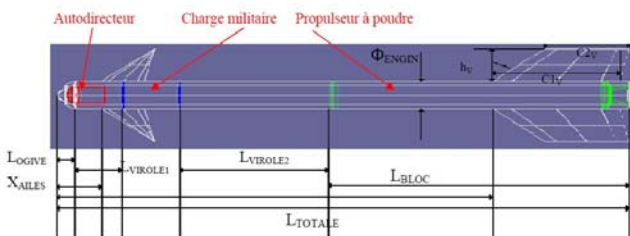
Contexte :

Ce sujet s'inscrit dans les activités de développement de nouvelles approches d'optimisation pour la conception de véhicules aérospatiaux.

Plus particulièrement : les aspects d'aménagement interne et d'optimisation de l'espace seront étudiés.

Besoin exprimé régulièrement pour traiter le problème de conception d'un système global [1, 2].

« *Comment optimiser le placement des équipements à l'intérieur d'une enveloppe en fonction de contraintes spatiales et fonctionnelles?* »



Ref [3]

Objectifs de la thèse

Objectif 1 :

Appréhender les contraintes géométriques et fonctionnelles et leur impact sur un algorithme d'optimisation.

Problématiques : modélisation 3D, définition et liste des contraintes fonctionnelles, thermiques, certification etc.

Objectif 2 :

Identifier et/ou adapter des techniques d'optimisation capable de résoudre un problème d'aménagement spatial et fonctionnel dans une enveloppe interne définie.

Problématiques : Être capable de discerner les techniques les plus adaptées et les modifier pour prendre en compte les spécificités du problème. Le cas échéant, proposer des algorithmes novateurs.

Bibliographie fournie

Principales références relatives au projet de thèse

[1] G. Jacquenot, « Méthode générique pour l'optimisation d'agencement géométrique et fonctionnel », 18 Janvier 2010.

[2] Joaquim P. L. Viegas, Susana M. Vieira, Joao M. C. Sousa and, Elsa M. P. Henriques, « Metaheuristics for the 3D Bin Packing Problem in the Steel Industry », 2014 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC) July 6-11, 2014, Beijing, China.

[3] Xiao LIU, Jia-min LIU, An-xi CAO, Zhuang-le YAO, «HAPE3D - a new constructive algorithm for the 3D irregular packing problem », *Front Inform Technol Electron Eng* 2015 16(5):380-390

[4] Marouene Kefi, Paul Richard, Thuong Hoang, Takehiko Yamaguchi and Vincent Barichard, « Using Constraint Solver for 3D Layout Assistance in Human-scale Virtual Environment », HUCAPP 2017 - International Conference on Human Computer Interaction Theory and Applications, 2017.

[5] Giorgio Fasano, « A global optimization point of view to handle non-standard object packing problems », *J Glob Optim*, 2012.

[6] C. Monjaret, « Introduction aux méthodes d'optimisation pour l'aménagement spatial », RT 1/14706 DPRS, 2010.

Travail à faire (livrable 1)

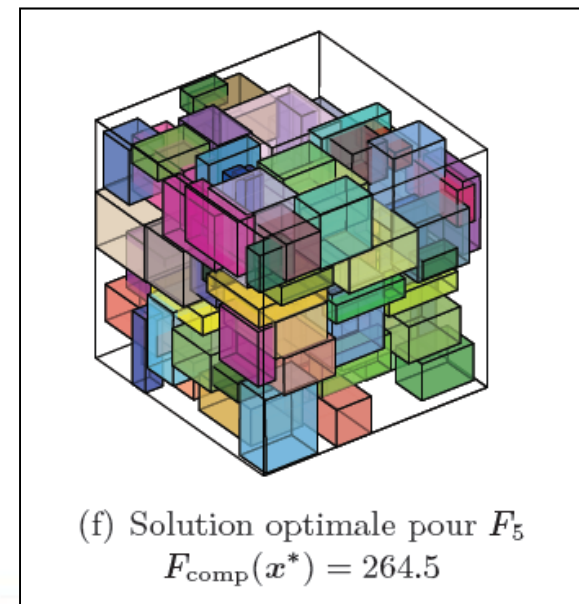
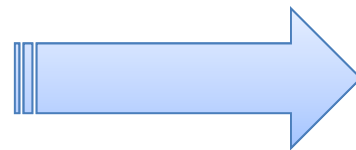
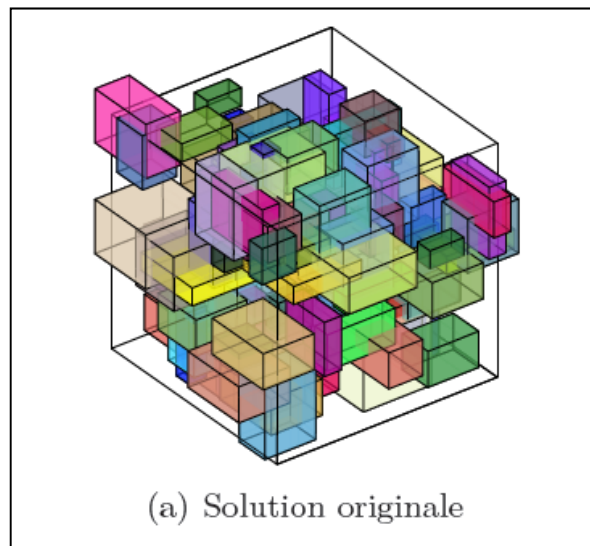
- **1^{ère} partie : Synthèse des documents fournis pour la préparation de ce projet de recherche**
 - Lister les différentes méthodes proposées dans la littérature pour la modélisation de ce problème.
 - Pour chaque modèle proposé, lister les méthodes de résolution.

Travail à faire (livrable 2)

- 2^{ème} partie : modélisation avec contraintes géométriques

On considère notre Véhicule spatial comme un parallélépipède de dimension $L \times l \times H$.

On génère un dataset d'objets de forme parallélépipède de différentes longueurs $l_i \times h_i$, et on essaie de remplir au mieux notre véhicule de ces objets.



Travail à faire (livrable 3)

- **3^{ème} partie : modélisation avec contraintes géométriques et fonctionnelles.**
- On génère un dataset d'objets de forme parallélépipède de différentes longueurs $l \cdot i \cdot h$ et de poids différents.
- On essaie de remplir au mieux notre véhicule de ces objets, mais en respectant la contrainte fonctionnelle suivante :
« Si le véhicule décolle en verticale, un objet de poids élevé ne doit pas être placé sur un objet poids plus faible, sinon l'objet en dessous sera écrasé. »
- Proposer d'autres contraintes fonctionnelles (thermique, chimique, etc...).

Méthodologie

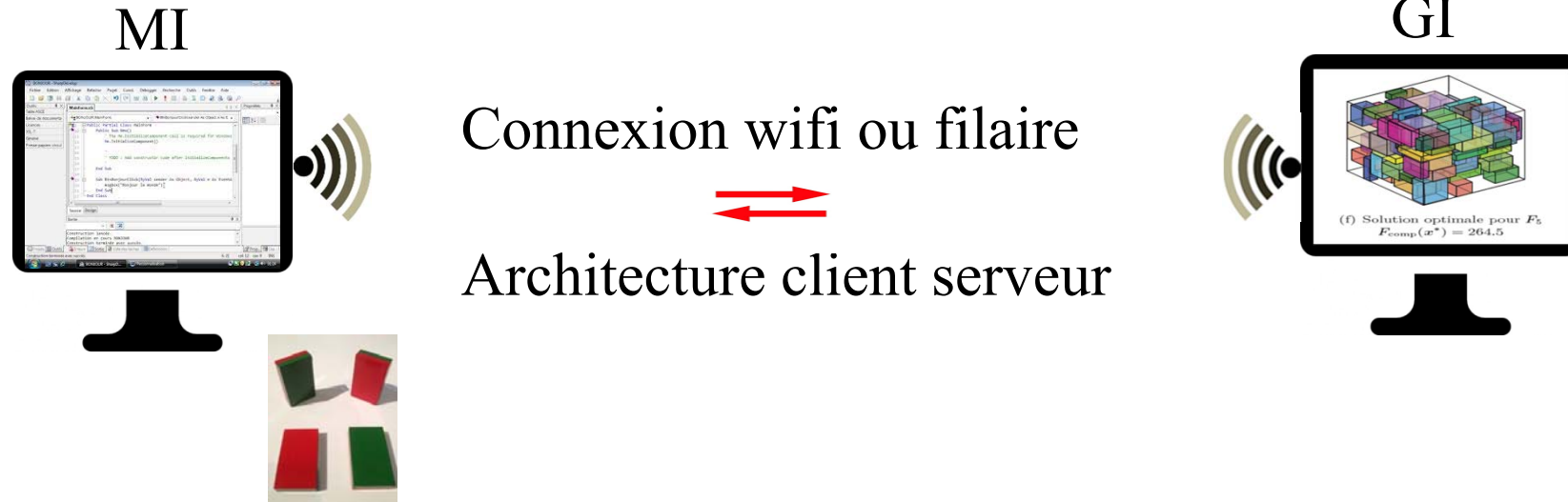
Parcours MI :

- Dans les deux situations précédentes :
 - Définir la fonction objectif
 - Les variables de décision (Les différents mouvements ou degrés de liberté des objets à placer)
 - Les contraintes
- Proposer une méthode de résolution
- Faire tourner plusieurs fois votre méthode et fournir des statistiques de performance de votre algorithme

Parcours GI :

- Mise en place d'une architecture bidirectionnelle client serveur
- Mise en place d'un moteur graphique 3D
- Visualisation des quelques graphiques pour représenter les résultats statistiques

Visualisation



Exemple de protocole {
MI génère le conteneur puis l'envoie à GI
GI affiche le conteneur
MI génère le dataset (ensemble des briques) et le nombre de niveaux
Pour chaque niveau i jusqu'au plus haut {
MI calcule la première combinaison de briques
MI envoie la combinaison de briques et leurs positions à un niveau N_i
GI visualise les briques installées dans le véhicule et renvoie l'image à MI
MI l'accepte et passe à la couche au dessus N_{i+1} ou repositionne les briques à nouveau au niveau N_i
}
}

Description détaillée du sujet

- La phase d'avant-projet pour le développement d'un véhicule aérospatial est celle qui est susceptible de faire émerger des configurations novatrices. D'une manière générale, à l'issue d'une évaluation parallèle de plusieurs topologies, une configuration particulière est retenue sur la base de critères de sélection provenant de l'optimisation d'une mission. A l'heure actuelle, aucune systématisation du processus ne semble pouvoir poindre sans disposer d'une fonction d'aménagement au sens de placement géométrique d'objets. Le problème de l'agencement géométrique se définit par la capacité à placer différents objets sans interpénétration dans une enveloppe. La généralisation du problème consiste à prendre en compte leur aspect fonctionnel qui peut contribuer à interdire ou forcer leur placement relatif.
- Les travaux portent sur des objets et une topologie externe de véhicule en 3D. Pour résoudre le problème d'agencement géométrique, deux grandes familles se distinguent, l'une consistant à exclure toutes solutions présentant des interpénétrations ce qui suppose de toutes les avoir évaluées, on parle de placement légal, l'autre en les autorisant mais en affectant une fonction de pénalité selon le degré d'interpénétration, on parle alors de placement relaxé. Cette dernière approche, retenue dans le cadre des travaux proposés, a été exploitée dans [1] mettant en lumière l'intérêt du couplage entre des techniques d'optimisation multi-objectif robuste et une méthode de séparation.

Description détaillée du sujet

- La première partie du travail consiste à s'appropriier les méthodes de modélisation et d'évaluation rapide des collisions entre objets. Compte tenu du placement relaxé choisi, il convient de disposer d'une évaluation de cette collision par exemple par une estimation de la profondeur d'interpénétration. Les aspects physiques (ex: champ électromagnétique, rayonnement radiatif) et fonctionnels peuvent également être introduits par la notion de région d'influence d'interpénétrations. La prise en compte des collisions spatiales et des régions d'influence dans un processus d'aménagement sera explorée au cours de cette thèse.
- Un tel problème de placement d'objet se caractérise par une forte combinatoire. Il en découle la nécessité d'explorer un vaste espace de solutions. Le nombre de variables associé à la quantité d'objets à placer est également important. Enfin, l'intégration des contraintes, à définir de manière exhaustive, constitue le cœur du problème en raison de leur nature diverse (géométrique, fonctionnelle, thermique, ...). Les algorithmes d'optimisation stochastiques apparaissent donc pertinents afin d'explorer un vaste espace de solutions, contenant de nombreuses contraintes et de nombreuses variables (problème NP-complet). L'enjeu de cette thèse sera donc d'adapter des algorithmes d'optimisation à la spécificité du problème en introduisant par exemple une surcouche algorithmique de manière à traiter l'ensemble des contraintes.