

Solving a new type of loading problem, the product size reduction, using a particle swarm optimization algorithm

F. Shott^{1,2}, S. Salmon¹, D. Chamoret³, T. Baron² et Y. Meyer⁴

- 1 Optimization Command & Control Systems, 4J chemin de Palente, Besançon
- 2 FEMTO-ST institute, univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, ENSMM Time and frequency dept., Besançon
- 3 Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne - Site UTBM - UMR CNRS 6303/Univ. Bourgogne Franche Comté (UBFC)
- 4 Sorbonne Universités, Université de Technologie de Compiègne, CNRS, UMR 7337 Roberval, Centre de recherche Royallieu, Compiègne

Plan

- 1 Introduction
- 2 Problème de découpe et de chargement
- 3 Notre étude
- 4 Conclusions

Thèse CIFRE



(a) Femto-ST



(b) UTBM



(c) My-OCCS



(d) Groupe Galilé

FIGURE 1 – Rattachement thèse (a),(b), (c) et Support (d)

Contexte

Projet industriel

- Objectif réduction de la taille d'une armoire électrique de puissance
- Problématique forte lors de la phase de conception
- Difficultés : contraintes inter-composants

PEINTA

Une entreprise du groupe Gallé

FIGURE 2 – Entreprise commanditaire

Problématique

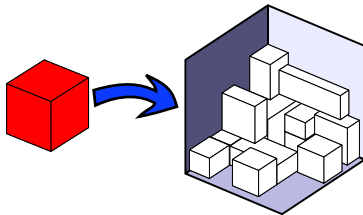


FIGURE 3 – Problèmes de découpe et de chargement - idée générale

Problème de découpe et de chargement

- Logistique : remplissage conteneur
- Production : gestion matière première
- Conception : réduction de volume

Idée principale

Minimiser une quantité dépendant de variables sous de nombreuses contraintes

- Objectif : Min / Max
- Dimensions : Fixes / Variables
- Hétérogénéité objets [9] : Homogènes / Hétérogènes
- Hétérogénéité espace(s) : Homogènes / Hétérogènes
- Nombre de dimensions : 1 / 2 / 3
- Contraintes additionnelles : Support [4] , Positionnement [2]

Classification

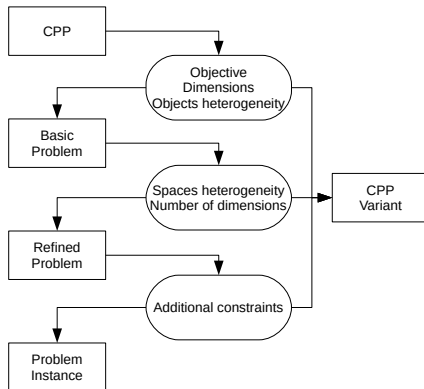


FIGURE 4 – Problèmes de découpe et de chargement - étapes de la classification [11]

Méthodes de résolution existantes I

Positionnement :

- Direct [6] / Indirect [1]
- Stratégie de positionnement (ex : Mur [9])
- Amélioration (ex : Bloc [13])

Modélisation :

- Mathématique (MILP) [7]
- Cuboïde [4]
- Espace discret [8]
- Forme complexe [10]

Méthodes de résolution existantes II

Algorithme d'optimisation :

- Heuristique [12]
- Métaheuristique [14]
- Recherche arborescente [9]

Réduction de volume : cas général [5]

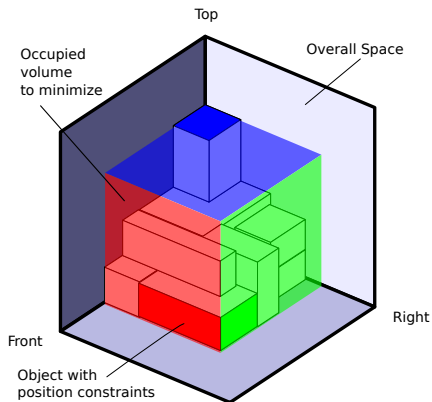


FIGURE 5 – Réduction du volume d'un produit (PSR) - idée générale

Présentation du cas

Minimiser le volume occupé par 11 objets sous des contraintes de taille et d'orientation.

TABLE 1 – Table de caractéristiques des objets

Object	Nb	Width (mm)	Depth (mm)	Height (mm)	Position	Orientation
Object 1	1	400	210	60	Bottom	
Object 2	1	335	290	240		
Object 3	1	120	240	260	Front	Depth
Object 4	1	80	40	110	Front	Depth
Object 5	1	100	80	45	Top Bottom	Heighth
Object 6	1	50	100	30	Front	Depth
Object 7	2	120	200	40		
Object 8	2	260	30	60		
Object 9	1	60	100	90		

Formulation mathématique du problème d'optimisation

$$\begin{cases} \min f(E_{m,j}, E_{M,j}) \\ \text{Sous } (C_1), (C_2), (C_3) \end{cases} \quad (1)$$

$$f(E_{m,j}, E_{M,j}) = \prod_{j=1}^n (E_{M,j} - E_{m,j}) \quad (2)$$

- C1 : Positionnement
- C2 : Orientation
- C3 : Collision
- E : Coordonnées des sommets extrêmes des objets.

Processus de résolution

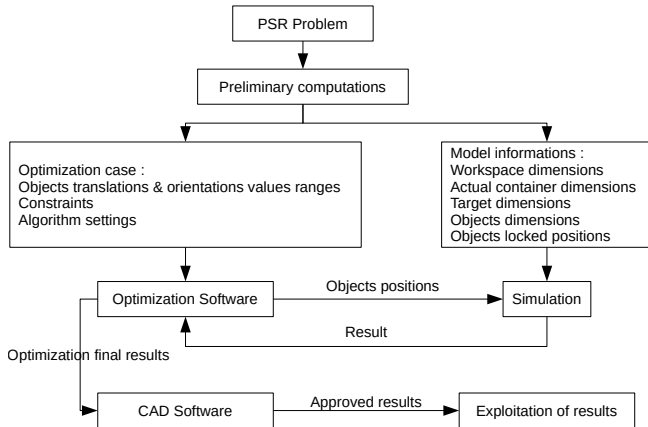


FIGURE 6 – Processus de résolution

Modélisation I

Positionnement direct

- Fonctionnement : coordonnées objets = variables d'entrées
- Avantages : modularité, facilité
- Inconvénients : chute des performances avec augmentation de la taille du problème

Espace discret

- Fonctionnement : objets et espace constitué de cubes unitaires
- Avantages : approximation objets formes complexes, facilité implémentation
- Inconvénients : performances réduite (MILP, cuboïde)

Modélisation II

Simulation

- Différents espaces : simulation, travail, actuel, cible
- Fonction objectif en cascade

Fonction objectif en cascade

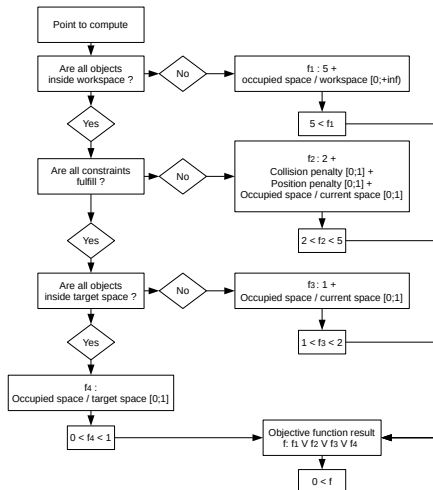


FIGURE 7 – Fonction objectif en cascade

Algorithme d'optimisation

- Utilisation de variante de la méthode PSO [3].

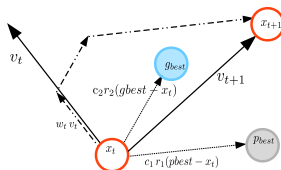


FIGURE 8 – PSO déplacement

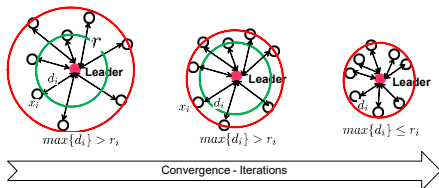
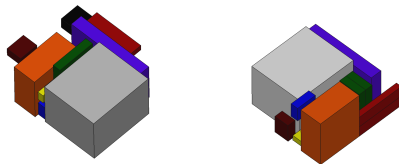


FIGURE 9 – Variante PSO

Résultats

Gains : 8% en largeur et 12% sur le volume



(a) Avant

(b) Après

FIGURE 10 – Positionnement des objets

TABLE 2 – Table des résultats

Armoire	Width (mm)	Depth (mm)	Height (mm)	Volume (L)
Initial	510	525	260	69.62
Final	470	500	260	61.10

Conclusion

- Projet industriel avec pour objectif la réduction de la taille d'un produit
 - Réduction du volume d'un produit 3D, avec 11 objets, et de très nombreuses contraintes
- Comment ?
 - Création d'un modèle adapté (positionnement direct, espace discret, simulation)
 - Optimisation avec une variante originale et robuste de PSO
- Gain : Réduction du volume de 12%

Bibliographie I

- [1] Andreas Bortfeldt and Daniel Mack.
A heuristic for the three-dimensional strip packing problem.
European Journal of Operational Research, 183(3) :1267–1279, December 2007.
- [2] Andreas Bortfeldt and Gerhard Wascher.
Constraints in container loading, a state-of-the-art review.
European Journal of Operational Research, 229(1) :1–20, 2013.
- [3] Dominique Chamoret, Sébastien Salmon, Noelle Di Cesare, and Yingjie J. Xu.
BSG-Starcraft Radius Improvements of Particle Swarm Optimization Algorithm : An Application to Ceramic Matrix Composites, pages 166–174.
Springer International Publishing, Cham, 2014.
- [4] Yanira Gonzalez, Gara Miranda, and Coromoto Leon.
Multi-objective multi-level filling evolutionary algorithm for the 3d cutting stock problem.
Procedia Computer Science, 96 :355–364, 2016.
- [5] Yaohua He, Yong Wu, and Robert de Souza.
A global search framework for practical three-dimensional packing with variable carton orientations.
Computers & Operations Research, 39(10) :2395–2414, October 2012.
- [6] Mhand Hifi, Imed Kacem, Stephane Negre, and Lei Wu.
A linear programming approach for the three-dimensional bin-packing problem.
Electronic Notes in Discrete Mathematics, 36 :993–1000, 2010.
- [7] Yao-Huei Huang, F. J. Hwang, and Hao-Chun Lu.
An effective placement method for the single container loading problem.
Computers & Industrial Engineering, 97 :212–221, July 2016.

Bibliographie II

- [8] Youn-Kyoung Joung and Sang Do Noh.
Intelligent 3d packing using a grouping algorithm for automotive container engineering.
Journal of Computational Design and Engineering, 1(2) :140–151, April 2014.
- [9] Sheng Liu, Wei Tan, Zhiyuan Xu, and Xiwei Liu.
A tree search algorithm for the container loading problem.
Computers & Industrial Engineering, 75 :20–30, September 2014.
- [10] Mikhail Verkhoturov, Alexander Petunin, Galina Verkhoturova, Konstantin Danilov, and Dmitry Kurennov.
The 3d object packing problem into a parallelepiped container based on discrete-logical representation.
IFAC-PapersOnLine, 49(12) :1–5, 2016.
- [11] Gerhard Wascher, Heike Haussner, and Holger Schumann.
An improved typology of cutting and packing problems.
European Journal of Operational Research, 183(3) :1109–1130, December 2007.
- [12] Lijun Wei, Qian Hu, Stephen C. H. Leung, and Ning Zhang.
An improved skyline based heuristic for the 2d strip packing problem and its efficient implementation.
Computers & Operations Research, 80 :113–127, April 2017.
- [13] Lijun Wei, Wee-Chong Oon, Wenbin Zhu, and Andrew Lim.
A reference length approach for the 3d strip packing problem.
European Journal of Operational Research, 220(1) :37–47, July 2012.
- [14] Jia-Nian Zheng, Chen-Fu Chien, and Mitsuo Gen.
Multi-objective multi-population biased random-key genetic algorithm for the 3-D container loading problem.
Computers & Industrial Engineering, 89 :80–87, November 2015.

Merci de votre attention

Avez-vous des questions ?

