

# Optimisation par hybridation des algorithmes RGA et ILS pour résoudre le Problème d'empilement de conteneurs au port maritime de Tripoli-Liban.

Nobar Kassabian<sup>1</sup>, Zakaria Hammoudan<sup>2</sup>, Olivier Grunder<sup>3</sup>, Lhassane Idoumghar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Haute-Alsace, IRIMAS UR 7499, F-68100 Mulhouse, France  
{nobar.kassabian, lhassane.idoumghar}@uha.fr

<sup>2</sup>Jinan University (JUT), Tripoli, 1300, Lebanon  
zakaria.hammoudan@gmail.com

<sup>3</sup>Nanomedicine Lab, Univ. Bourgogne Franche-Comté, UTBM, F-90010, Belfort, France  
olivier.grunder@utbm.fr

**Mots-clés :** *Problème de stockage de conteneurs, modélisation mathématique, optimisation, Gurobi, Randomized Greedy Algorithm, Iterated Local Search, hybridation*

## Introduction

Cette étude traite en priorité principale la résolution du problème d'empilement de stockage de conteneurs (CSP) importés [1] dans la zone de stockage du port de Tripoli-Liban. Un programme linéaire à nombres entiers mixtes, est modélisé mathématiquement pour résoudre ce problème, est connu NP-difficile. Comme Gurobi ne peut effectuer d'instances de grande taille, un extrait des instances de petite et moyenne taille du port de Tripoli conclut à une proposition d'un algorithme hybride Meta-heuristique entre Randomized Greedy Algorithm (RGA) et Iterated Local Search (ILS) qui a montré une efficacité avec des résultats optimaux proches comme ceux obtenus par le solveur Gurobi.

## Résolution

Notre modèle dans cet article se concentre sur la minimisation de la hauteur de la place du conteneur dans n'importe quelle pile pour réduire l'énergie exercée donc le coût, la distance entre les piles et la porte de sortie pour réduire le temps, le nombre de remaniements [2] attendus pour les deux niveaux supérieurs de la pile et réduire la distance entre les piles appartenant à la même catégorie en utilisant la technique du centre de gravité. Les contributions de cet article sont doubles. D'abord, en proposant un modèle MILP pour minimiser la fonction objectif. Deuxièmement, en développant un algorithme hybride pour optimiser le modèle qui combine un RGA avec ILS pour résoudre le problème et rechercher une solution presque optimale comparé à Gurobi. La fonction Objectif développée pour cette étude est la suivante:

$$f = \text{Min} \left( \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{s=1}^{N_s} \sum_{i=1}^{f_s} h_i^s x_{s,i}^c + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{s=1}^{N_s} \sum_{i=1}^{f_s} (h_i^s + d_i^s) x_{s,i}^c + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{s=1}^{N_s} (y_s^c + y2_s^c) + \sum_{c=1}^{N_c} \sum_{s=1}^{N_s} \sum_{i=1}^{f_s} dcc_{gra}^s x_{s,i}^c \right)$$

On désigne par  $c$  le conteneur,  $s$  la pile et  $i$  la location du conteneur dans la pile,  $i = 1, \dots, 6$ . D'où les paramètres concernant les piles sont :  $N_s$  est le nombre de piles tel que  $S = \{1, \dots, N_s\}$ ,  $f_s$  est l'espace libre dans une pile tel que  $F = \{1, \dots, f_s\}$ ,  $d_s$  est la dimension de la pile (20 EVP, 40 ou 45),  $dds$  date de départ du conteneur existant en haut de la pile au début des opérations de stockage. Alors que pour les paramètres concernant les conteneurs sont :  $N_c$  est le nombre de conteneurs tel que  $C = \{1, \dots, N_c\}$ ,  $d_c$  est la dimension du conteneur (20 EVP, 40 ou 45),  $ddc$  est la date de départ du conteneur. La hauteur

de l'emplacement  $c$  du conteneur  $i$  dans la pile  $s$  est désigné par  $h_i^s$ , la profondeur de l'emplacement  $c$  du conteneur  $i$  dans la pile  $s$  est désigné par  $d_i^s$ , avec  $M$  un grand entier. Soient les deux variables de décision suivantes :  $x_{s,i}^c = 1$  si le conteneur  $c$  est affecté à l'emplacement  $i$  de la pile  $s$ , sinon 0. Et  $y_s^c = 1$  si le conteneur  $c$  est affecté à la pile  $s$  et que sa date de départ est supérieure à celle d'un conteneur qui est déjà dans  $s$ .  $dcc'_{gra}^s$  s'articule autour de la centralisation du processus d'empilement de conteneurs appartenant aux mêmes catégories sur un point de gravité prédéterminé.

RGA est un algorithme méta heuristique qui choisit une distribution de conteneurs basés sur la décision de perturbation à chaque itération, après un certain nombre d'itérations, nous obtenons une solution quasi optimale. ILS est un algorithme méta heuristique basée sur la recherche locale, l'idée est d'obtenir une distribution initiale, qui est utilisée pour créer  $m$  nouvelles distributions basées sur une permutation aléatoire de deux conteneurs de piles voisins jusqu'à obtenir la solution la plus basse à partir de ces  $m$  distributions de l'itération courante.

L'idée de développer un algorithme hybride qui combine un RGA avec ILS est d'obtenir une solution quasi optimale pour ce problème. Une fois que nous obtenons la fonction objectif la plus basse de RGA, elle sera utilisée dans ILS comme solution initiale. Puis à partir du résultat de RGA, nous générons  $m$  distributions et nous continuons le scénario d'ILS comme décrit précédemment. Suite aux instances testées, l'approche hybride donne une solution quasi optimale qui est considérée comme un résultat prometteur en donnant un écart égal à 0,16% par rapport aux résultats donnés par le solveur Gurobi pour les petites et moyennes instances mentionnées dans le tableau suivant.

<i>Instance No.</i>	<i>Instance</i>	<i>Gurobi</i>	<i>Hybrid RGA/ILS</i>	
	$N_s \times N_c$	$f_{Gurobi}$	$f_{RGA/ILS}$	<i>Gap</i>
1	3 x 3	39	39	0.00%
2	3 x 7	66	66	0.00%
3	5 x 5	43	43	0.00%
4	5 x 15	157	157	0.00%
5	20 x 20	203	203	0.00%
6	30 x 30	238	238	0.00%
7	40 x 40	384	388	1.04%
8	50 x 30	292	292	0.00%
9	60 x 55	546	546	0.00%
10	70 x 55	554	557	0.54%
<i>Avg. Gap</i>				<b>0.16%</b>

TAB. 1 – Comparaison des résultats

## Conclusion

Des simulations numériques effectuées sur des instances de petite et moyenne taille prouvent que l'algorithme hybride est efficace pour résoudre le problème d'empilement de conteneurs, avec un pourcentage moyen d'écart très faible qui est égale à 0.16%.

## Références

- [1] Huiling Zhu, Mingjun Ji, and Wenwen Guo. Two-stage search algorithm for the inbound container unloading and stacking problem. *Applied Mathematical Modelling*, 77:1000-1024, 2020.
- [2] Ndiaye Fatma NDIAYE and Adnan YASSINE. An ant colony algorithm to solve the container storage problem. In *computational geometry statistics*, 2014.