

Une méthode à base de population pour le placement de sphères

Mhand Hifi, Amir Mohamed Youssouf, Labib Yousef

EPROAD EA 4669, Université de Picardie Jules Verne

7 rue du Moulin Neuf - 80000 Amiens, France

{hifi, amir.mohamedyoussef, labib.yousef}@u-picardie.fr

Mots-clé : heuristique, optimisation, placement, sphère.

1 Introduction

Nous nous intéressons à la résolution du problème de placement de sphères non identique dans un container ouvert. Une instance de ce problème est représentée par un ensemble N de n objets (sphères), où chacun des objets est caractérisé par son rayon r_i (non-identique) et un container ouvert, noté B de dimensions (H, W, ∞) , dont H est sa largeur, W sa profondeur et $L = \infty$ sa longueur variable. Le but du problème est de placer sans chevauchement tous les objets (sphères) dans le container de sorte à minimiser la longueur du container L .

2 Une méthode hybride

Ce problème peut se formuler comme suit :

$$\min \quad L \quad (1)$$

$$\delta_{(S_i, S_j)} \geq (r_{S_i} + r_{S_j}) \quad \forall (i, j) \in N^2, i < j \quad (2)$$

$$x_{S_i} \leq L - r_{S_i} \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$y_{S_i} \leq H - r_{S_i} \quad \forall i \in N \quad (4)$$

$$z_{S_i} \leq W - r_{S_i} \quad \forall i \in N \quad (5)$$

$$x_{S_i} \geq r_{S_i} \quad \forall i \in N \quad (6)$$

$$y_{S_i} \geq r_{S_i} \quad \forall i \in N \quad (7)$$

$$z_{S_i} \geq r_{S_i} \quad \forall i \in N \quad (8)$$

$$\underline{L} \leq L \leq \bar{L} \quad (9)$$

Trouver une solution réalisable pour ce problème consiste donc à trouver les valeurs du couple (\vec{X}, L) , où $\vec{X} = \{x_i, y_i, z_i, \dots, x_n, y_n, z_n\}$ est un vecteur représentant les positions des n sphères placées dans le container B de longueur L . La réalisabilité d'une solution donnée (\vec{X}, L) , se calcule à partir des valeurs de chevauchement : (i) la profondeur de chevauchement entre deux sphères, (ii) la profondeur de chevauchement entre une sphère donnée i et le container B et, (iii) la fonction pénalité, qui se calcule en ajoutant toutes les profondeurs de chevauchement.

Approche par essaim particulaire : L'algorithme par essaim (Kennedy *et al.* [3]) s'appuie sur des particules qui représentent des solutions potentielles pour le problème d'optimisation traité. Chacune des solutions est représentée par un vecteur déterminant une position actuelle. Un vecteur $\vec{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})$ permet d'évaluer la qualité de la solution courante par application d'une vitesse directionnelle $\vec{v}_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id})$ de dimension d . Par ailleurs, chaque solution (particule) i garde en mémoire sa meilleure position \vec{P}_{best}^i auparavant calculée ainsi que la meilleure position \vec{G}_{best}^k atteinte par l'ensemble des particules voisines. A un instant t , le déplacement d'une particule i dans l'espace de recherche peut être obtenu par application de différentes formules (Kennedy *et al.* [3]).

Optimisation réactive : L’optimisation réactive s’intéresse à l’amélioration de la qualité de la solution en cours ou de rendre une configuration courante réalisable. Cette amélioration (correction) s’appuie sur la procédure de Wang [4], qui consiste à réduire l’écart des chevauchements et de le faire tendre vers zéro (ou selon la précision escomptée). Cette procédure est aussi couplée à une recherche à voisinage variable.

Résultats préliminaires : Dans une étude préliminaire, nous avons évalué la performance de cette méthode (notée HPSO) sur un ensemble d’instances récemment utilisées dans les travaux de Hifi and Yousef [2] (notée HY) et Akeb [1] (notée A). La taille de la population utilisée dans ces tests a été fixée à 20 (même si d’autres valeurs ont été explorées pour régler la taille de cette population). Les solutions initiales de la population ont été générées aléatoirement.

#Inst	n	H	W	A	HY	HPSO
SYS1	25	5.5	6.9	9.2234	9.1796	9.033812
SYS2	35	6.5	7.9	9.1138	8.8922	8.882776
SYS3	40	5.5	6.9	8.9316	8.6702	8.615888
SYS4	45	8.5	9.9	10.7653	10.2012	10.198311
SYS5	50	8.5	9.9	11.1948	10.8954	10.782812
SYS6	60	8.5	9.9	12.2519	11.7943	11.757857
Moyenne				10.246800	9.938817	9.878576

TAB. 1 – Qualité des bornes de PSOLS versus les meilleures bornes de la littérature.

La table 1 affiche la moyenne des meilleures bornes obtenues par les différentes méthodes sur cinq différents jets. A partir de ces premiers résultats, on peut constater la supériorité de la méthode proposée en terme de qualité des bornes produites, sur la majorité des instances testées.

3 Conclusion

Nous nous sommes intéressés dans cette étude à la résolution d’un problème de placement de sphères, un problème NP-difficile. Nous avons proposé une première version d’une méthode hybride qui combine l’essaim par particules et une optimisation réactive appliquée à un modèle non-linéaire. La partie expérimentale préliminaire a montré l’intérêt d’une telle hybridation, en particulier pour des problèmes en continu. Nous comptons évoluer dans la partie expérimentale afin de tester l’ensemble des instances de la littérature ainsi que de proposer une méthode générique capable de résoudre toute une série de problèmes duaux et non pas se limiter qu’à une seule problématique.

Références

- [1] H. Akeb. A two-stage look-ahead heuristic for packing spheres into a three-dimensional bin of minimum length. *Recent Advances in Computational Optimization*. Springer, Cham, 2016. pp. 127-144.
- [2] M. Hifi and L. Yousef. Handling lower bound and hill-climbing strategies for sphere packing problems. in Fidanova S (Ed.), *Recent Advances in Computational Optimization, Studies in Computational Intelligence*. (pp.145-164) Springer International Publishing, Switzerland, 2016.
- [3] C. Maurice and J. Kennedy. The particle swarm explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space. *IEEE transactions on Evolutionary Computation*, 6(1) :58–73, 2002.
- [4] H. Wang, W. Huang, Q. Zhang and D. Xu. An improved algorithm for the packing of unequal circles within a larger containing circle. *European Journal of Operational Research*, 141(2) :440–453, 2002.