

Cobotique et désassemblage en industrie 4.0

Waël El Morabit¹, Flavien Lucas¹, Mohammed-Amine Abdous¹, Julien Motetse¹

IMT Nord Europe, CERI SN, Douai, France

{wael.elmorabit,flavien.lucas,amine.abdous,julien.motetse}@imt-nord-europe.fr

Mots-clés : *Disassembly sequence planning, économie circulaire, MILP, GRASP, replanification adaptative*

1 Introduction

Dans ce papier, nous vous présentons plusieurs méthodes de résolution portant sur le développement d'une cellule cobotique capable de démonter automatiquement des produits en fin de vie dans le cadre d'une planification initiale.

2 Description du problème

L'objectif du Disassembly Sequence Planning (DSP) est de sélectionner une séquence valide de démontage maximisant une certaine performance tout en respectant les contraintes physiques et logiques [1, 2, 3]. Dans ce papier, il s'agit plus particulièrement de **désassemblage sélectif**, où certains composants i d'un ensemble V doivent être désassemblés afin d'en tirer profit. Ce problème peut être caractérisé par un graphe $G = (V, E)$, où V représente les composants et E une relation de précédence (on ne peut par exemple désassembler la carte mère d'un téléphone que si son boîtier a été préalablement démonté). Un exemple de tel graphe est illustré par la Figure 1.

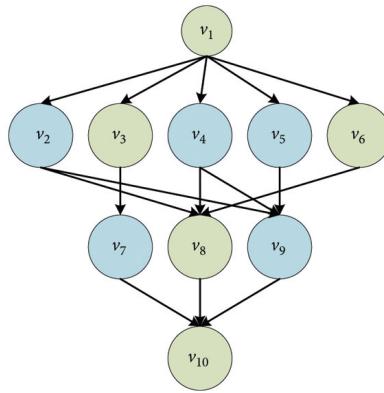


FIG. 1 – Exemple de graphe de démontage classique

Dans ce contexte, chaque composant $i \in V$ est associé à plusieurs paramètres :

- P_i : profit ou valeur récupérable,
- C_i : coût de démontage,
- T_i : durée estimée de l'opération.

La fonction objectif correspond à une somme pondérée de ces 3 valeurs. Plus précisément, soit w_1, w_2, w_3 des coefficients de pondération (i.e. $\sum w_i = 1$) permettant d'ajuster les priorités selon le scénario étudié (économique, énergétique, ou temporel), l'objectif est ainsi :

$$\max \left(w_1 \sum P_i - w_2 \sum C_i - w_3 \sum T_i \right)$$

3 Experiments

Le problème étant **NP-difficile**, différentes approches telles que des modèles exacts, des heuristiques et des métahéuristiques ont été étudiées afin de proposer des solutions réalisables dans des temps de calcul acceptables. Plus précisément, 3 méthodes heuristiques ont été développées (GRASP + VND, GRASP + recherche Tabou, GRASP + MNS) et comparées à un modèle MILP afin d'évaluer la vitesse d'exécution de ces méthodes, ainsi que la qualité des solutions obtenues. Enfin, le cas particulier où un seul composant spécifique doit être extrait est équivalent à résoudre un problème de plus court chemin, un Dijkstra a donc été mis en place pour valider définitivement le modèle MILP.

4 Conclusion et Perspectives

Sur des instances de tailles moyennes, les méthodes approchées obtiennent des résultats très proches du modèle MILP (écart généralement inférieur à 3 %), pour un temps de calcul très faible (inférieur à 1s). La méthode s'en sortant le mieux étant la combinaison GRASP + VND (temps moyen de 0.02s). Ces résultats montrent donc la capacité des méthodes GRASP + recherche locale d'obtenir rapidement des solutions de très bonne qualité pour le problème de désassemblage.

En situation réelle, il est rare que le désassemblage se passe comme prévu (pièce coincée, détériorée, temps de démontage plus long que planifié, etc.). Les travaux futurs porteront sur l'adaptation en temps réel de la solution en fonction des différents problèmes pouvant survenir.

5 Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet LAsSy, Learning Assistance Systems for Efficient Disassembly, financé par la German French Academy for the Industry of the Future, que les auteurs remercient chaleureusement.

References

- [1] M. Lounes Bentaha, Alexandre Dolgui, and Olga Battaïa. A bibliographic review of production line design and balancing under uncertainty. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3):70–75, 2015.
- [2] Xiwang Guo, MengChu Zhou, Abdullah Abusorrah, Fahad Alsokhiry, and Khaled Sdraoui. Disassembly sequence planning: A survey. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(7):1308–1324, 2020.
- [3] Zude Zhou, Jiayi Liu, Duc Truong Pham, Wenjun Xu, F Javier Ramirez, Chunqian Ji, and Quan Liu. Disassembly sequence planning: Recent developments and future trends. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 233(5):1450–1471, 2019.