

Digitalisation de la déconstruction sélective : simulation et optimisation des filières

C. Juvigny^{1,2}, J. Baste², G. Lozenguez¹, A. Doniec¹, L. Jourdan²

¹ IMT Lille Douai, CERI Système numérique, 59650 Villeneuve-d'Ascq, France
corentin.juvigny@imt-nord-europe.fr

² Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, UMR 9189 CRISAL, F-59000 Lille, France

Mots-clés : *Modélisation multi-agents, Recherche opérationnelle, Déconstruction sélective*

1 Introduction

Le domaine du BTP est le principal générateur de déchets en France (70% de la production annuelle totale en France en 2015, soit 228 millions de tonnes, dont 46 millions de tonnes de déchets pour le secteur du bâtiment). L'Agence de la transition écologique (ADEME) estime que seuls 35% de ces déchets sont valorisés, alors même que des filières de valorisation existent dans la majorité des cas. Les deux grandes causes révélées dans ce rapport sont d'une part la méconnaissance par les maîtres d'ouvrage du coût de la gestion des déchets et d'autre part une très mauvaise coordination des nombreux acteurs du domaine.

Une modélisation à base d'agents est adaptée pour étudier ce genre de système complexe, définie par un grand nombre d'acteurs interagissant ensemble selon leurs intérêts propres. Par exemple, elle a été utilisée pour simuler les chaînes d'approvisionnement et de recyclage des granulats de béton aux Pays-Bas [3]. Elle peut être couplée avec des méthodes issues de la recherche opérationnelle comme des approches par métaheuristiques, en particulier dans le cadre des problèmes d'ordonnancement [1].

Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons spécifiquement à la filière de la déconstruction sélective dans la région Haut-de-France. Un certain nombre d'acteurs du domaine de la déconstruction sélective nous apporte leurs expertises afin de nous aider à affiner nos modèles pour les rendre les plus réalistes possibles. En particulier un certain nombre de chantiers considérés par ces acteurs comme représentatifs des différentes configurations possibles de chantiers sont utilisés comme des chantiers tests. Ces derniers nous permettent d'obtenir des données réelles pour tester nos modèles.

À terme, l'objectif de nos travaux est de fournir à nos partenaires un outil de modélisation permettant d'optimiser leurs propres actions au niveau du territoire, de façon à diminuer les coûts financiers et écologiques des déconstructions, tout en se mettant en conformité avec les différentes réglementations et législations.

2 Optimisation par simulation multi-agents

Nous avons décidé, au vu de la nature du problème, de simuler ce dernier à l'aide d'une simulation à base d'agents [3], puis dans un second temps d'optimiser l'ordonnancement des actions des agents à l'aide de métaheuristiques [1].

Chaque acteur de la déconstruction sélective peut être décomposé en unités opératives, c'est-à-dire une unité à même de réaliser des opérations pour le compte de l'entreprise, elles-mêmes composées d'une certaine quantité de ressources (main-d'œuvre, équipement, savoir-faire ...). Ces unités peuvent être modélisées par un agent qui enregistre les capacités opératives de l'unité [3] ainsi que ses limitations, définies avec l'aide de nos partenaires industrielles.

Les bâtiments impliqués dans la déconstruction sélective peuvent être eux aussi modélisés par un agent qui enregistrent les matériaux disponibles (et leurs quantités restantes), le coût de ses matériaux, etc...

Tous ses agents interagissent dans un graphe orienté, modélisant les différents flux de matériaux possibles. Ce graphe a vocation à être généré à partir de cartes SIG (Système d'Information Géographique) pour le rendre le plus proche possible du réel. Le choix de la plateforme de simulation multi-agents n'est pas encore définitif, mais les premières implémentations seront réalisées à l'aide de la plateforme *GAMA*.

Bien que permettant de créer des simulations à la fois rapides et relativement proches de la réalité, les modélisations à base d'agents souffrent du fait que les agents qui les composent ne peuvent pas connaître l'impact final de leurs décisions sur la qualité globale de l'ordonnancement, cette dernière ne s'appréciant qu'à la fin de la simulation. Ils sont donc contraints à ne prendre des décisions qu'avec les informations qu'ils ont localement. On appelle ce phénomène la "myopie des agents" [1]. Afin de contourner ce phénomène, des approches hybrides combinant modélisations à base agents et métaheuristiques ont été introduites. Ces dernières peuvent être séparées en deux groupes : celles incorporant des simulations à base d'agents au sein de leur méthode, et celles reposant sur une simulation agents dont certains agents prennent des décisions en fonction du résultat d'une métaheuristique [2].

Dans un premier temps, nous sommes partis sur la première voie. Nous avons décomposé le problème en deux problèmes distincts mais liés (fig.1). Le premier, dit problème maître, est un problème d'ordonnancement de l'ordre de déconstruction des bâtiments à déconstruire. Il est résolu à l'aide d'une métaheuristique (dans un premier temps un recuit simulé). Cette dernière sera implémentée à l'aide du framework *paradisEO* (C++). Le second, appelé sous-problème, correspond à un problème d'allocation des ressources issues de la déconstruction des bâtiments (qui sont données par le problème maître) à un instant t sur la durée de la déconstruction. Cette allocation va nous donner un coût de recyclage des matériaux, coût qui va être répercuté sur la valeur objective du premier problème. Il est dans un premier temps résolu à l'aide d'un PLNE.

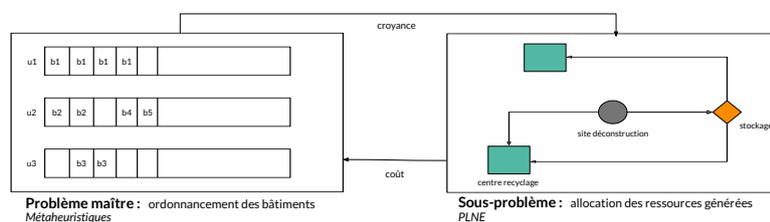


FIG. 1 – Lien maître / sous-problème

À terme, il est prévu de résoudre ce sous-problème à l'aide du modèle à base d'agents. Une comparaison entre les performances des deux sous-problèmes sera effectuée. Les résultats obtenus seront présentés lors de la conférence.

Références

- [1] Yunfei Chu, Fengqi You, and John M. Wassick. Hybrid method integrating agent-based modeling and heuristic tree search for scheduling of complex batch processes. *Computers & Chemical Engineering*, 60 :277–296, 2014.
- [2] Jan A. Persson, Paul Davidsson, Stefan J. Johansson, and Fredrik Wernstedt. Combining agent-based approaches and classical optimization techniques. 2005.
- [3] Yifei Yu, D.M.Yazan, Silu Bhoohichoya, and Leentje Volker. Towards circular economy through industrial symbiosis in the dutch construction industry : A case of recycled concrete aggregates. *Journal of Cleaner Production*, (293), 2021.