

# Une approche basée sur l'agrégation des scénarios pour résoudre un problème de planification de désassemblage sous incertitude des délais de remise à neuf

Ilhem Slama<sup>1</sup>, Oussama Ben-Ammar<sup>2</sup>, Simon Thevenin<sup>3</sup>, Alexandre Dolgui<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LINEACT CESI campus Lyon, France  
islama@cesi.fr

<sup>2</sup> EuroMov Digital Health in Motion, Univ Montpellier, IMT Mines Ales, Ales, France  
oussama.ben-ammam@mines-ales.fr

<sup>3</sup> IMT Atlantique, LS2N-CNRS, La Chantrerie, 4 rue Alfred Kastler - B.P. 20722, 44307 Nantes, France  
{simon.thevenin,alexandre.dolgui}@imt-atlantique.fr

**Mots-clés :** *Logistique inverse, délai de remise à neuf stochastique, agrégation de scénarios.*

## 1 Introduction

De nos jours, la recherche sur les procédés de désassemblage suscite un intérêt croissant. L'objectif principal est d'obtenir des composants de valeur et de séparer ceux qui peuvent affecter l'environnement [1]. Cependant, le processus de désassemblage est devenu très vulnérable et loin d'être déterministe. En effet, il implique un degré élevé de variabilité associé au délai de remise à neuf. Cette imprévisibilité peut être due à des problèmes techniques (absentéisme, panne machine, capacité de désassemblage, etc.) ou à des problèmes économiques liés principalement à la variation du coût d'acquisition des produits en fin de vie.

## 2 Description et formulation du problème

Un problème de planification des opérations de désassemblage sur plusieurs périodes ( $|T|$ ) est étudié. Dans ce problème, le produit en fin de vie est désassemblé en  $|N|$  composants. La quantité demandée des produits en fin de vie est disponible sur le marché et la capacité de temps de désassemblage est limitée à chaque période. Une demande dynamique ( $D_{i,t}$ ) pour chaque composant désassemblé  $i$  est connue à chaque période  $t$  de l'horizon de planification. Dans ce papier, Nous supposons que l'atelier qui désassemble les composants, les reçoit de plusieurs lignes de désassemblage. La charge de travail de ces ateliers est variable d'une période à l'autre. Dans ce cas le délai de remise à neuf des composants dépend de la qualité des composants qu'on leur envoie et de charge de travail de l'atelier de rénovation à chaque période  $t$ . Par la suite, chaque article  $i$  est disponible après un délai de remise à neuf stochastique ( $L_{i,t}$ ). Ce délai stochastique correspond au nombre de périodes entre le début du processus de désassemblage et la date de disponibilité de chaque article désassemblé.

La gestion de l'incertitude des délais de remise à neuf joue un rôle important dans la planification du désassemblage et la gestion des stocks. Par la suite, une mauvaise politique peut entraîner des retards et des stocks inutiles. En effet, si un composant est reçu avant la date prévue de livraison, un coût de stockage ( $h_i$ ) est généré par période du temps. De même, un coût de rupture de stock unitaire ( $b_i$ ) est à payer lorsque la demande n'est pas satisfaite dans le temps imparti pour chaque composant  $i$ . Le problème étudié est formulé comme un modèle de Programmation Linéaire Mixte en Nombres Entiers (PLMNE) stochastique sous un ensemble de scénarios possibles ( $\Omega_i$ ). Dans la

formulation d’optimisation stochastique proposée, un scénario représente une réalisation possible du délai de remise à neuf pour chaque article à chaque période. L’objectif est de chercher les dates et les quantités optimales de désassemblage à chaque période de l’horizon de planification afin de minimiser l’espérance mathématique de coût total (la somme d’espérance des coûts de stockage et de rupture de stock).

### 3 Agrégation des scénarios

En se basant sur les résultats présentés dans le tableau 1, nous constatons que le PLMNE proposé est difficile à résoudre en raison du grand nombre de scénarios ( $|\Omega_i|$ ). Pour contourner cet obstacle, et pour rendre le problème d’optimisation traitable, nous avons développé une technique d’agrégation de Scénarios basée sur le PLMNE (AS-PLMNE). Plus précisément, nous proposons une nouvelle formulation de la contrainte de stockage qui réduit considérablement le nombre de scénarios. Le modèle qui en résulte optimise l’espérance mathématique du coût total dans un temps de calcul (CPU) qui ne dépasse pas 0.5(s) (voir tableau 1). Des expériences de calcul approfondies évaluent l’efficacité de l’approche proposée. Les résultats des calculs sur les problèmes générés de manière aléatoire montrent que la méthode proposée est très performante et permet de résoudre des grandes instances que le PLMNE n’arrive pas du tout à traiter.

TAB. 1 – Performance de l’agrégation des scénarios.

$L_{i,t}$	PLMNE				AS-PLMNE	
	$ N $	$ T $	$ \Omega_i $	CPU(s)	$ \Omega_i $	CPU(s)
[1,4]	10	5	1024	9,17	4	0,04
[1,4]	20	5	1024	22,59	4	0,09
[1,3]	10	7	2187	699,56	3	0,07
[1,3]	20	7	2187	1790,62	3	0,10
[6,10]	10	15	$5^{15}$	-	5	0,12
[6,10]	20	15	$5^{15}$	-	5	0,18
[1,6]	10	20	$6^{20}$	-	6	0,21
[1,6]	20	20	$6^{20}$	-	6	0,38

### 4 Conclusions et perspectives

Dans ce papier, nous avons proposé un modèle stochastique pour le problème de planification de désassemblage sous incertitude de délai de remise à neuf. Une formulation du problème par un programme linéaire mixte en nombres entiers stochastique (PLMNE) est proposée. En raison du grand nombre des scénarios, le PLMNE proposé a été couplé avec une technique d’agrégation des scénarios (AS-PLMNE) pour identifier un ensemble des scénarios réduit qui fournit des solutions exactes. L’efficacité de cette approche a été testée et prouvée avec succès. Une perspective à ce travail est identifiée. Bien que l’AS-PLMNE soit intéressante, elle peut souffrir de l’impossibilité d’identifier toutes les solutions possibles à mesure que la complexité du problème augmente. Pour cette raison, une approche d’optimisation combinant l’agrégation des scénarios et la simulation Monte Carlo sera développée.

### Références

- [1] Quezada, F., Gicquel, C., Kedad-Sidhoum, S., and Vu, D.Q. A multi-stage stochastic integer programming approach for a multi-echelon lot-sizing problem with returns and lost sales, *Computers & Operations Research*, 116,104865, 2020.