



HAL
open science

Économie circulaire sous incertitude des délais : Revue de la littérature

Ilhem Slama, Oussama Ben-Ammar, Sadok Turki, Alexandre Dolgui

► **To cite this version:**

Ilhem Slama, Oussama Ben-Ammar, Sadok Turki, Alexandre Dolgui. Économie circulaire sous incertitude des délais : Revue de la littérature. Conférence Internationale Génie Industriel QUALITA 2021 (CIGI 2021), May 2021, Grenoble, France. hal-03255312

HAL Id: hal-03255312

<https://hal.science/hal-03255312v1>

Submitted on 9 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CIGI 2021

Économie circulaire sous incertitude des délais : Revue de la littérature

ILHEM SLAMA¹, OUSSAMA BEN-AMMAR², SADOK TURKI³, ALEXANDRE DOLGUI¹

¹ IMT Atlantique, LS2N-CNRS, La Chantrerie, 4 rue Alfred Kastler - B.P. 20722, 44307 Nantes, France
{ilhem.slama, alexandre.dolgui}@imt-atlantique.fr

² Mines Saint-Étienne, Université Clermont Auvergne, UMR-CNRS 6158 LIMOS, CMP Sciences de la Fabrication et Logistique, 880 route de Mimet, F-13541 Gardanne, France
oussama.ben-ammam@emse.fr

³ Laboratoire de Génie Informatique, de Production et de Maintenance (LGIPM), Université de Lorraine, UFR MIM, 3 Rue Augustin Fresnel, F-57070 Metz, France
sadok.turki@univ-lorraine.fr

Résumé – L'économie circulaire qui découle de la logistique inverse est actuellement un concept populaire promu par l'union européenne, par plusieurs gouvernements nationaux et par de nombreuses entreprises dans le monde entier. Dans ce papier préliminaire nous proposons une étude bibliographique non exhaustive sur la planification des opérations de désassemblage et d'assemblage, en mettant l'accent sur l'incertitude des délais. Ce papier est classé par catégories et discuté en fonction des principales opérations, à savoir le désassemblage et l'assemblage. Pour chacune des options de susmentionnées, ce papier élucide les définitions correspondantes, avec un aperçu structuré des méthodes de résolution. Une analyse transversale de la documentation examinée a mis en évidence un certain nombre de lacunes en matière de recherche et a révélé de multiples possibilités de recherche pour soutenir le développement de l'économie circulaire. Les principales conclusions montrent un intérêt croissant pour la durabilité des processus industriels linéaires traditionnels dans le contexte de l'économie circulaire.

Abstract – The circular economy that results from reverse logistics is currently a popular concept promoted by the European Union, several national governments and many companies around the world. In this paper, we propose a non-exhaustive bibliographical study on the planning of disassembly and assembly operations, focusing on the uncertainty of lead times. This paper is categorized and discussed according to the main operations, namely disassembly and assembly. For each of the above operation, this paper elucidates the corresponding definitions, with a structured overview of the methods of resolution. A cross-sectional analysis of the literature reviewed highlighted a number of research gaps and revealed multiple research opportunities to support the development of the circular economy. The main findings show a growing interest in the sustainability of traditional linear industrial processes in the context of the circular economy.

Mots clés : État de l'art, économie circulaire, système d'assemblage, système de désassemblage, délais aléatoires.

Keywords: Literature review, circular economy, assembly systems, disassembly systems, random lead-times.

1 INTRODUCTION

La logistique inverse et la gestion des déchets désignent toutes les opérations respectueuses de l'environnement liées à la réutilisation des produits et des matières premières. La chaîne mondiale d'approvisionnements, y compris pour les systèmes d'assemblage, de désassemblage et de recyclage, est perturbée par la crise liée au COVID19. Selon plusieurs analystes, Cette perturbation risque de durer et on va même jusqu'à la comparer à un grand coup de fouet dont la disparition de ces conséquences va prendre un temps très long. Une autre raison afin d'expliquer que c'est difficile de faire stabiliser la chaîne logistique, est qu'en ce temps de crise, les entreprises ainsi que leurs clients s'organisent souvent au jour le jour, alors d'habitude ils fonctionnent en flux tendus. Pour résumer, la stabilité des chaînes logistiques n'est pas de l'ordre du jour.

L'économie circulaire est un concept vaste. C'est tout un processus long qui inclut les opérations d'assemblage et de

désassemblage. Dans cette étude préliminaire, nous élaborons une exploration non exhaustive de la littérature concernant ces deux systèmes tout en tenant en considération les perturbations engendrées par les incertitudes des délais. Dans l'économie circulaire, les produits usagés sont collectés auprès des clients avant qu'ils soient recyclés, reconditionnés, réparés, ou même éliminés [Galantucci et al. 2004]. Dans cette étude bibliographique, nous nous focalisons sur le processus de re-fabrication, c'est-à-dire la réutilisation de composants obtenus à partir de produits en fin de vie afin de les réintégrer dans le processus d'assemblage.

Le processus de re-fabrication préserve l'identité du produit (ou de la pièce) et effectue les opérations de désassemblage, de tri, de remise à neuf et d'assemblage nécessaires pour amener le produit à un niveau de qualité souhaité. L'étude du processus de re-fabrication de produits usagés est largement abordée dans la

littérature scientifique sur la logistique inverse [Tighazoui et al., 2019, Suzanne et al. 2020].

L'assemblage et le désassemblage sont deux processus qui bénéficient de nombreux avantages de processus de re-fabrication [Brennan et al. 1994]. Le processus d'assemblage est l'une des étapes de fabrication les plus longues et les plus coûteuses. Les aspects de désassemblage doivent être pris en compte dans le processus de re-fabrication sans perturber le processus d'assemblage. Autrement dit, les chaînes de production subissent déjà plusieurs sources et facteurs d'incertitudes. La réinjection de pièces ou de composants remis à neuf ne doit se faire sans perturber les plans d'approvisionnement et de production existants. C'est pour cette raison, que dans cette étude nous nous intéressons à ces deux systèmes primordiaux dans l'économie circulaire. L'idée est de chercher où encore faire des économies financières afin que les produits issus de l'économie circulaire soient plus compétitifs par rapport aux produits tout neufs.

Les principaux objectifs du désassemblage sont la maintenance, la remise à neuf, le recyclage ou l'élimination des produits en fin de vie. À mesure que la complexité des produits et des systèmes de production augmente, il est nécessaire de prévoir une planification et un contrôle appropriés qui aident les planificateurs à traiter les aspects d'assemblage et de désassemblage.

Dans la pratique, la planification de la production et le contrôle des stocks, tous deux gérés dans le cadre des systèmes d'assemblage et de désassemblage, sont souvent soumis à diverses sources d'incertitude exogène telles que la variabilité de la demande, les pannes de machines, les retards de transport, taux de récupération, problèmes de qualité, une mauvaise estimation de délais d'obtention des composants, etc. [Daniel et al. 1997].

Le délai de désassemblage et/ou délai d'obtention des composants est un paramètre crucial dans la planification des opérations de désassemblage. Concernant les systèmes d'assemblage, les délais d'approvisionnement en composants, représentent le temps nécessaire pour qu'une commande en composants arrive. Cependant, la variabilité de délais affecte fortement l'efficacité de la chaîne logistique et peut affecter les commandes des clients avec une disponibilité aléatoire des articles. À cet égard, le présent document se concentre sur le processus de re-fabrication de produits usagés avec des activités de désassemblage et d'assemblage sous incertitude de délais. L'objectif de ce travail préliminaire est d'examiner, de classer et d'évaluer les études existantes afin de fournir une vue systématique des travaux passés et une vision appropriée pour les études futures.

Le reste de cet article est organisé comme suit. La section 2 présente une revue de la littérature des travaux traitant les systèmes d'assemblage et/ou de désassemblage sous incertitude des délais. Dans la section 3, plusieurs pistes de recherche futures sont suggérées. Enfin, la section 4 résume et conclut cette recherche.

2 PLANIFICATION D'ASSEMBLAGE/DESASSEMBLAGE SOUS INCERTITUDE DE DELAIS

Cette recherche est basée sur la planification des besoins en matériaux (*Material Requirements Planning* : MRP) dans le cadre des systèmes d'assemblage et de désassemblage sous

incertitude de délais. Les systèmes MRP ont été parmi les méthodes de production et de planification des stocks les plus populaires auprès des entreprises. Comme les systèmes MRP, les R-MRP font partie des systèmes ERP. Cependant la quasi majorité des systèmes existants ne prennent pas en considération les incertitudes. Ceci est expliqué par le fait que l'optimisation de la production sous incertitude est très complexe. Dans la littérature scientifique, nous observons un intérêt croissant pour la planification sous incertitude. Les études existantes peuvent être scindées en plusieurs catégories. Une première catégorie qui s'intéresse aux systèmes de désassemblage et une deuxième qui se focalise sur les systèmes d'assemblage. À notre connaissance, la majorité des études existantes se concentre sur la deuxième catégorie (voir Tableau 1). De plus, nous pouvons également les classer en problèmes mono et multi-produit, avec ou sans pièces communes ainsi avec ou sans des contraintes de capacité. Dans les sous-sections suivantes, nous allons classer les travaux existants en fonction de type de systèmes.

2.1 Système d'assemblage

La planification des besoins en matériaux, qui est un élément essentiel dans la planification des ressources, est nécessaire pour déterminer la taille des lots de production et d'approvisionnement en composants. La tailles des lots est généralement calculée en supposant que l'ensemble des paramètres, à savoir la demande, les délais, la capacité, le rendement, etc., sont déterministes.

Compte tenu des demandes en produits finis, le système MRP calcule les quantités à produire (ou à commander) pour chaque composant à chaque période. Ces calculs sont basés sur les nomenclatures (voir Figure 1), qui indiquent la hiérarchie des composants (c'est-à-dire la structure du produit).

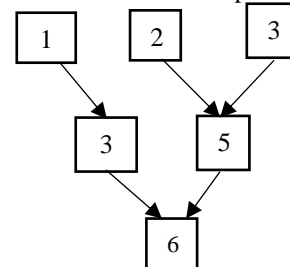


Figure 1. Système d'assemblage à deux niveaux.

Au cours des dernières décennies, l'industrie et les chercheurs ont accordé une plus grande attention à la gestion de l'incertitude et à ses effets sur la performance de la chaîne d'approvisionnement. La vulnérabilité croissante des chaînes d'approvisionnement face à ces incertitudes et la nécessité de définir des stratégies appropriées pour en faire face ont été fréquemment signalées [Snyder et al., 2016 ; Speier et al., 2011 ; Kleindorfer et Saad, 2005]. Ainsi, il existe un intérêt croissant pour étudier la planification des approvisionnements en tenant compte de l'incertitude d'un ou plusieurs paramètres.

Concernant l'incertitude des délais, les approches de modélisations proposées dans la littérature se limitent à :

- Un seul niveau dans la nomenclature, avec une demande constante sur l'horizon de planification ;
- Deux niveaux dans la nomenclature, avec une planification mono-période. C'est-à-dire faire la planification pour satisfaire une seule demande.

Tableau 1. Systèmes d'assemblage et de désassemblage : classification des travaux existants.

A. Système d'assemblage

Auteurs	Critères	Type de système					Commentaires	
		Mono-niveau	Deux-niveau	Multi-niveau	Multi-période	Une-période		
[Kumar, 1989]	<i>Sc, Rc</i>	✓				✓	Étude générique	
[Chu et al., 1993]		✓				✓	Algorithme itératif	
[Dolgui, 2002]		✓			✓		Modèle PLNE, simulation, heuristiques, point de commande optimale, lot d'assemblage optimal	
[Proth et al., 1997]		✓			✓		Optimisation stochastique, heuristiques	
[Dolgui et O. Louly, 2002]		✓			✓		Markov, Newsboy, politique L4L, les délais d'approvisionnement suivent la même distribution de probabilité	
[O. Louly et Dolgui, 2002a]		✓			✓		Markov, Newsboy, tous les composants ont les mêmes propriétés	
[O. Louly et Dolgui, 2004]		✓			✓		Markov, Newsboy, politique POQ, les composants suivent la même distribution et ont le même coût de stockage	
[O. Louly et Dolgui, 2009]		✓			✓		Politique EOQ, Branch et Bound (B&B)	
[O. Louly et al., 2008a]		<i>Sc, Ts</i>	✓			✓		B&B
[O. Louly et al., 2008b]			✓			✓		Généralisation de [O. Louly et Dolgui, 2002a]
[Chauhan et al., 2009]	<i>Sc, Rc</i>	✓				✓	Recuit simulé, solution exacte, modèle continue	
[O. Louly et Dolgui, 2011]		✓			✓		Politique POQ, une généralisation du modèle Newsboy	
[O. Louly et Dolgui, 2013]	<i>Oc, Sc, Ts</i>	✓			✓			
[Shojae et al., 2015]	<i>Sc, Ts</i>	✓			✓		Politique POQ, optimisation	
[Borodin et al., 2016]	<i>Sc, Rc</i>	✓				✓	Chance-constrained programming	
[Hnaïen et Afsar, 2017]	<i>Oc, Sc, Ts</i>	✓				✓	Modèles PLMNE	
[Yano, 1987 c]	<i>Sc, Rc</i>		✓			✓	Programmation non-linéaire	
[Hegedus et Hopp, 2001]	<i>Sc, Ts</i>		✓			✓	Méthode d'optimisation combinatoire	
[Tang et Grubbström, 2003]	<i>Sc, Rc</i>		✓			✓	Transformation de Laplace	
[Hnaïen et al., 2009]			✓			✓	Algorithme Génétique (AG), B&B	
[Hnaïen et al., 2010]	<i>Sc, Ts</i>		✓			✓	AG, multi-objectif, sélection élitiste	
[Fallah-Jamshidi et al., 2011]	<i>Sc, Rc</i>		✓			✓	Approche hybride, AG spécifique	
[Sakiani et al., 2012]	<i>Sc, Ts</i>		✓			✓	AG, multi-objectif, sélection par tournoi	
[Guiras et al., 2016]	<i>Mc, Sc, Rc</i>		✓			✓	AG, coût de maintenance	
[Ben-Ammar et Dolgui, 2018]	<i>Sc, Rc</i>		✓			✓	B&B et AG	
[Axsäter, 2005]	<i>Sc, Rc</i>		✓*			✓	Techniques d'approximation et de décomposition, distributions continues	
[Ben-Ammar et al., 2018]	<i>Sc, Rc</i>			✓		✓	Formulation récursive, B&B	
[Ben-Ammar et al., 2020]	<i>Sc, Rc</i>			✓		✓	Modélisation générique, processus itératif, AG hybride	

B. Système de désassemblage

Auteur	Niveau		Produit		Capacité	Objectif	Approche de résolution
	Deux-	Multi-	Mono-	Multi-			
[Slama et al., 2019b]	✓		✓			<i>Rc, Sc, Oc</i>	PLMNE
[Slama et al., 2020a]	✓		✓			<i>Rc, Sc</i>	Newsboy
[Slama et al., 2020b]	✓		✓		✓	<i>Rc, Sc, Oc</i>	SAA

(Rc: coût de retard, Sc: coût de stockage, Ts: Taux de service, Oc: coût de lancement, Mc: coût de maintenance, ✓*: Trois-niveau)

Pour le cas des nomenclatures multi-niveau, [Ben-Ammar et al. 2018, 2020] ont été les premiers à proposer une approche analytique pour optimiser l'approvisionnement en composants. Cependant, malgré la contribution remarquable de ces travaux, Elles se limitent à une seule demande à satisfaire. Ceci est expliqué par la difficulté de modéliser un système de production multi-niveau et multi-période où il existe une interdépendance entre les périodes et les niveaux.

Malgré l'importance de ce problème, les études existantes restent insuffisantes comparées à celles développées pour faire face à l'incertitude de la demande. Dans [Dolgui et al., 2013], les auteurs présente une revue de la littérature classant les techniques et les approches existantes. Les auteurs confirment ce qui a été mentionné précédemment : la plupart des modèles existants s'intéressent à (i) des systèmes d'assemblage à un niveau et une planification à une ou plusieurs périodes ou (ii) des systèmes d'assemblage à deux niveaux et une planification sur une période unique.

[Yano, 1987a, b] a été parmi les premiers à étudier les effets de la variabilité des délais. Elle a étudié le cas des systèmes de production en série avec une planification mono-période. Ce travail a été généralisé par [Elhafsi, 2002]. Dans une troisième étude, [Yano, 1987c] a étudié un système d'assemblage à un niveau et une planification sur une période. Un composant est assemblé à partir de deux composants. Le délai du premier composant suit une loi de Poisson et le deuxième une loi binomiale négative. La fonction objectif minimise l'espérance mathématique du coût total qui est composé des coûts de rupture et de stockage. Un algorithme basé sur une exploration des propriétés de la fonction objectif détermine les délais planifiés optimaux qui minimise l'espérance mathématique du coût total. [Kumar, 1989] a étudié le cas de la planification à une seule période et des systèmes d'assemblage à un niveau. Comme [Yano, 1987a], il a minimisé l'espérance mathématique du coût total et proposé des dates optimales de lancement des commandes. Une analyse exacte a été proposée avec des hypothèses de types particuliers de distribution (normale, uniforme et exponentielle). Quelques années plus tard, [Chu et al., 1993] se sont penchés sur le cas d'un système d'assemblage à un niveau. Les auteurs ont prouvé la convexité de l'espérance mathématique du coût total et proposé un algorithme itératif pour la minimiser. Pour résoudre ce problème dans le cas d'un modèle de production en deux étapes, [Hegedus et Hopp, 2001] ont proposé une approche basée sur une formulation analytique de type Newsboy. La principale faiblesse de ces études est qu'elles sont limitées à des systèmes d'assemblage à un ou deux niveaux.

Pour le cas des modèles multi-période et des systèmes d'assemblage à un niveau, [Ould-Louly et Dolgui, 2002a, b, 2004, 2009, 2011, 2013, Ould-Louly et al., 2008b, a] et [Shojaie et al., 2015] ont présenté des modèles mathématiques avec des délais aléatoires, une demande de produit fini constante (la même pour toutes les périodes) et une capacité d'assemblage illimitée. Le même problème a été étudié par [Hnaien et Afsar, 2017] pour modéliser le problème avec une approche robuste et un ensemble de scénarios. Une analyse de complexité est fournie. Elle prouve que le problème est NP-difficile même lorsqu'il existe deux scénarios.

Dans le cas de la planification sur une période et des systèmes d'assemblage à deux niveaux, [Tang et Grubbstrom, 2003] ont modélisé à la fois les temps de processus et les délais d'approvisionnement pour les composants. Ils ont considéré une demande fixe, une capacité illimitée et une date de livraison connue. Plus tard, [Hnaien et al., 2009] et [Fallah Jamshidi et al., 2011] ont traité le même problème en utilisant des algorithmes génétiques pour minimiser l'espérance mathématique du coût total.

Quelques années plus tard, [Hnaien et al., 2016] ont étudié le cas d'un modèle à une seule période pour un système d'assemblage à un niveau avec une demande et des délais stochastiques. Un modèle analytique et une approche par séparation et évaluation ont été proposés pour optimiser les quantités de composants et les délais planifiés. Bien que les auteurs aient limité leur modèle à une période, il peut être étendu à la planification sur plusieurs périodes pour tenir compte des compromis possibles entre les stocks de différentes périodes. En s'appuyant sur ces travaux, [Borodin et al., 2016] ont proposé une nouvelle approche basée sur la contrainte de hasard et un modèle linéaire pour résoudre le même problème. Cependant, ils se sont limités aux systèmes d'assemblage à un niveau en raison de la difficulté de modéliser la dépendance entre les niveaux. Cette difficulté a été surmontée dans l'étude faite par [Ben-Ammar et al., 2020].

[Atan et al., 2016] ont récemment envisagé un processus d'assemblage final alimenté par un processus parallèle en plusieurs étapes. Chaque étape avait un temps de traitement stochastique et le système était contrôlé par des délais planifiés à chaque étape. Les auteurs ont développé une heuristique itérative pour optimiser les délais prévus pour les différentes étapes et pour minimiser l'espérance mathématique du coût total.

2.2 Système de désassemblage

Le problème de planification des opérations de désassemblage est le problème de la détermination de la quantité et de date de désassemblage des produits en fin de vie tout en satisfaisant la demande de leurs pièces/composants sur un horizon de planification fini. La planification de désassemblage est l'un des principaux problèmes de planification de la production dans les systèmes de désassemblage. En d'autres termes, à partir de sa solution, il est possible de déterminer quels produits, combien et quand les démonter [Slama et al., 2020c].

En général, la planification de désassemblage peut être considéré comme une version inversée du problème de planification des opération d'assemblage, puisqu'il s'agit essentiellement d'une forme inversée du problème ordinaire de MRP [Lee et al., 2004]. La Figure 2 représente une nomenclature de produit à désassembler dans le cas de désassemblage où la demande et les sources d'approvisionnement sont inversées.

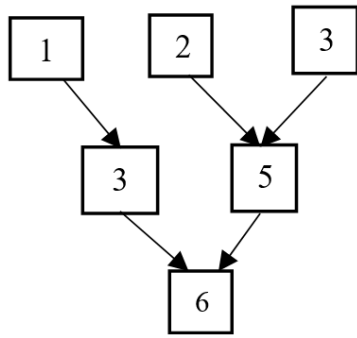


Figure 2. Système de désassemblage à trois niveaux.

Comme le souligne la littérature, la planification du désassemblage ne peut être similaire à un problème de planification de la production. Concernant sa conception, le processus d'assemblage converge vers une seule source de demande (produit final), tandis que le processus de désassemblage diverge vers de multiples sources de demande (pièces ou sous-ensemble). En raison de la structure divergente du désassemblage, la complexité des problèmes connexes augmente considérablement avec le nombre de types de produits à désassembler [Prakash et al., 2012, Slama et al., 2019a].

La planification du désassemblage et la gestion des stocks sont importantes pour les entreprises afin de fournir aux clients des composants usagés à des prix compétitifs. Pour atteindre cet objectif, l'une des priorités des planificateurs est de réduire le niveau prévu des stocks dans un environnement incertain.

La revue de la littérature en contexte stochastique est très limitée et peut être divisée en quatre catégories en fonction des incertitudes : (i) l'incertitude de la demande en composants [voir Barba-Gutiérrez et Adenso-Díaz, 2009 et Kim et al., 2010], (ii) l'incertitude du rendement de désassemblage. Le rendement aléatoire se produit lorsque la différence entre les quantités d'articles planifiées et celles obtenues après le désassemblage n'est pas connue (voir par exemple les travaux de [Inderfurth et Langella, 2005, Inderfurth et al., 2015]), (iii) l'incertitude simultanée du rendement et de la demande [Liu et Zhang, 2018] et (iv) l'incertitude du délai de désassemblage. Ce dernier peut être défini comme la différence de temps entre le lancement d'un ordre de désassemblage et la réception des éléments démontés. Il peut être exprimé en nombre de périodes (jours, semaine, mois, etc.).

En se basant sur la littérature, le délai de désassemblage du produit en fin de vie dans les systèmes de désassemblage est généralement supposé constant ou égal à zéro [Kim et al., 2003, 2006a, b, 2009]. Dans la réalité industrielle, le délai de désassemblage est loin d'être constant en raison du niveau élevé d'incertitude du processus de désassemblage. Cette incertitude peut être causée par des problèmes techniques (absentéisme, capacité de démontage limitée, problème de qualité, etc.).

Peu de travaux sont proposés dans la littérature pour aider à décider le plan optimal de désassemblage quand les délais de désassemblage sont aléatoires. [Slama et al., 2019b] sont les premiers à traiter ce type de problème. Les réalisations possibles du processus stochastiques décrivant des paramètres incertains tout au long de l'horizon décisionnel sont représentés via un ensemble de scénarios. Un modèle de

programmation linéaire mixte en nombres entiers est proposé pour traiter un seul type de produit et un système de désassemblage à deux niveaux. La planification est faite sur un horizon de planification multi-période. La capacité de désassemblage est supposée infinie. Le modèle proposé est utilisé pour déterminer la quantité et la date optimale de lancement de l'opération de désassemblage, afin de minimiser le coût total moyen sur l'horizon de planification.

Récemment, [Slama et al., 2020a] ont développé un modèle pour analyser un système de désassemblage mono-période quand les délais de désassemblage sont incertains. Le cas d'un seul type de produit en fin de vie qui est décomposé en plusieurs articles est considéré. En premier lieu, une expression analytique de la fonction du coût est développée. Cette fonction minimise la somme des coûts de stockage et de rupture des composants. En deuxième lieu, une approche basée sur la formule Newsboy est proposée pour minimiser l'espérance mathématique du coût total et optimiser la date de début du processus de désassemblage. Cette recherche a étudié l'effet de l'incertitude des délais sur le problème de planification du désassemblage. Les analyses montrent que la variabilité du délai de désassemblage affecte fortement la performance du système. A notre connaissance, cette étude a été la première à examiner les systèmes de désassemblage en utilisant le modèle Newsboy. Pour une étude approfondie des problèmes de Newsboy, les lecteurs peuvent se référer aux recherches proposées par [Khouja, 1999].

Par la suite, [Slama et al., 2020b] étend le travail de [Slama et al., 2020a] en intégrant la contrainte de la capacité de désassemblage à chaque période de l'horizon de planification. Les délais stochastiques sont modélisés par des intervalles fermés en utilisant l'approche basée sur les scénarios. Ces délais ont été pris comme des variables aléatoires indépendantes avec des distributions de probabilité quelconques connues. L'objectif est de proposer le meilleur plan de désassemblage garantissant le meilleur compromis entre les coûts de setup et la somme d'espérance des coûts de stockage et de rupture de stock sur un horizon de planification fini. Le problème étudié est formulé comme un modèle de Programmation Linéaire Mixte en Nombres Entiers (PLMNE) stochastique sous un ensemble de scénarios possibles. Les résultats montrent que, pour un nombre particulier de composants/périodes ou des délais, PLMNE peut fournir un nombre exponentiel de scénarios. Pour résoudre des problèmes à grande échelle, les auteurs ont couplé cette approche avec l'échantillonnage de Monte Carlo. Les résultats montrent que la méthode d'échantillonnage proposée fournit une bonne approximation, et les tests montrent la convergence de l'estimateur de l'Approximation Moyenne de l'Echantillon.

2.3 Système d'assemblage/désassemblage

La réalisation d'un processus efficace d'assemblage/désassemblage est un facteur clé pour la compétitivité d'une entreprise performante. Les réglementations environnementales et la pression des clients pour fabriquer des produits plus respectueux de l'environnement, obligent les entreprises à intégrer davantage d'assemblage/désassemblage dans l'environnement de fabrication. Cependant, l'efficacité des processus d'assemblage/désassemblage existants est encore faible en

raison de la difficulté inhérente à développer des systèmes entièrement automatisés et de la complexité de l'exécution des opérations pour une large gamme de produits [Guide V.D.R., 2000].

Dans ce contexte, [Guiras et al., 2018] sont les premiers à étudier une optimisation du système de planification du démontage, de la remise à neuf et d'assemblage. Le système de désassemblage-assemblage est soumis à des pannes aléatoires au cours de l'horizon de planification, ce qui nous conduit à intégrer une politique de maintenance pour faire face à l'indisponibilité du système. Un modèle mathématique est proposé pour formuler le problème. Un algorithme d'optimisation basé sur un algorithme génétique et une simulation est développé pour trouver la date optimale de lancement de produit en fin de vie ainsi que les dates de lancement optimales pour acheter de nouveaux composants afin de satisfaire la demande des clients à une date de livraison donnée. Cette étude est très intéressante. Cependant, nous remarquons une lacune dans le nombre d'études tenant compte des incertitudes dans un processus de désassemblage suivi d'un processus d'assemblage.

3 PERSPECTIVES DE RECHERCHE

La crise actuelle de coronavirus a eu un impact critique sur les chaînes d'approvisionnement. En particulier, de nombreuses entreprises n'ont pas pu obtenir les composants nécessaires à leur production, souvent en raison de la fermeture des frontières. De telles perturbations sont le résultat de la mondialisation, où les fournisseurs se sont répandus dans le monde entier. L'une des principales recommandations pour éviter l'interruption des flux de matières et renforcer la résilience de la production est de s'appuyer sur des sources d'approvisionnement locales. La crise des coronavirus montre clairement que nous ne pouvons pas nous permettre d'être totalement dépendants des fournisseurs de loin. Si la mondialisation peut avoir apporté de nombreux avantages, il est désormais nécessaire de pouvoir se limiter aux ressources déjà disponibles sur nos marchés respectifs.

Dans ce contexte, la récupération et le reconditionnement ou la remise à neuf des produits usagés est considéré comme une solution la plus économique et écologique. Alors, la plupart des systèmes de reconditionnement sont plus respectueux à l'environnement que les systèmes de production traditionnels. En effet, le processus de reconditionnement implique la récupération et la remise en bonne état des produits usagés au lieu de consommer des matières premières. De plus, il permet de réduire les émissions de carbone, en raison que la quantité de carbone pour produire un produit neuf est plus élevée que celle pour reconditionner un produit usagé. En effet, comme il est connu, un produit neuf est fabriqué à partir de la matière première et nécessite des différentes procédures pour le finir. Donc, pour un produit neuf le billon carbone est plus important que celui pour un produit reconditionné [Turki et al., 2018]. Généralement dans un système de de reconditionnement on a principalement le processus suivant : désassemblage du produits usagé, remise en état les composants désassemblés et l'assemblage des composants (voir Figure 3).

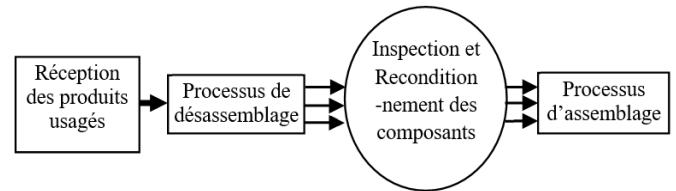


Figure 3. Système de reconditionnement.

Dans plusieurs cas de reconditionnement, comme par exemple le reconditionnement des pièces d'automobile ou les produits électroménager. Il est nécessaire de désassembler chaque produit pour inspecter et remettre en état chaque composant. Parfois il est nécessaire de remplacer un composant très abimé per un composant neuf. Finalement, les composants sont assemblés pour obtenir un produit reconditionné. La nomenclature de l'assemblage est l'inverse de celle de désassemblage.

L'économie circulaire peut apporter une contribution majeure à l'exploitation de ce potentiel : les produits sont ramenés dans les usines en fin de cycle de vie, au lieu d'aller en décharge. De retour dans les usines, les produits usagés sont démontés en pièces. De cette façon, un flux de matières circulaire indépendant est créé à l'écart des fournisseurs mondiaux.

4 CONCLUSION

Cette recherche est principalement motivée par les tendances actuelles du monde industriel. Comme mentionné précédemment, il existe aujourd'hui une forte tendance à la sensibilisation à l'environnement et à la conservation des ressources et de l'énergie. Cette étude a examiné les problèmes de planification des opérations des systèmes d'assemblage et de désassemblage sous incertitude de délais. Dans cette étude, nous avons passé en revue les travaux de recherche sur ce problème pour chaque système et analysé les différents modèles et méthodes de résolution utilisés pour les résoudre.

Les conclusions de cette étude révèlent de nouvelles idées sur la manière dont les options de valorisation peuvent être intégrées de manière appropriée dans les environnements de production traditionnels pour converger vers une économie respectueuse de l'environnement. Un accent particulier a été mis sur l'économie circulaire. Sur la base de l'ensemble des documents rassemblés, l'analyse documentaire présentée dans ce document peut être qualifiée de subjective. Malgré cela, nous pensons que les publications sélectionnées donnent une vue complète de l'état des connaissances pour les chercheurs.

5 REMERCIEMENT

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet RMS et les auteurs remercient chaleureusement la région Pays de la Loire pour le financement.

6 REFERENCES

Atan, Z., de Kok, T., Dellaert, N. P., van Boxel, R., & Janssen, F. (2016). Setting planned lead times in customer-order driven assembly systems. *Manufacturing*

- Barba-Gutiérrez, Y., & Adenso-Díaz, B. (2009). Reverse MRP under uncertain and imprecise demand. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40(3–4), 413–424.
- Brennan, L., Gupta, S. M., & Taleb, K. N. (1994). Operations planning issues in an assembly/disassembly environment. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Ben-Ammar O., & Dolgui A. (2018). Optimal order release dates for two-level assembly systems with stochastic lead times at each level, *International Journal of Production Research*, 56(12), p. 4226-4242.
- Ben-Ammar, O., Castagliola, P., Dolgui, A., & Hnaien, F. (2020). A hybrid genetic algorithm for a multilevel assembly replenishment-planning problem with stochastic lead times. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106794.
- Ben-Ammar, O., Dolgui, A., and Wu, D.D. (2018). Planned lead times optimization for multi-level assembly systems under uncertainties. *Omega*, 78, 39–56.
- Borodin, V., Dolgui, A., Hnaien, F., & Labadie, N. (2016). Component replenishment planning for a single-level assembly system under random lead times: A chance constrained programming approach. *International Journal of Production Economics*, 181, 79–86.
- Chauhan S., Dolgui A., & Proth J.-M. (2009). A continuous model for supply planning of assembly systems with stochastic component procurement times. *International Journal of Production Economics*, 120, p. 411-417.
- Chu, C., Proth, J.-M., & Xie, X. (1993). Supply management in assembly systems. *Naval Research Logistics (NRL)*, 40, 933–949
- Daniel, V., Guide, R., & Srivastava, R. (1997). An evaluation of order release strategies in a remanufacturing environment. *Computers and Operations Research*, 24(1), 37–47.
- Dolgui A. (2002). A model of joint control of reserves in automatic control systems of production. *Automation and Remote Control*, 62, p. 2020-2026.
- Dolgui, A., Ben-Ammar, O., Hnaien, F., & Ould-Louly, M.-A. (2013). A state of the art on supply planning and inventory control under lead time uncertainty. *Studies in Informatics and Control*, 22, 255–268.
- Dolgui A., & Ould Louly M. (2002). A model for supply planning under lead time uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 78, p. 145-152.
- Elhafsi, M. (2002). Optimal leadtimes planning in serial production systems with earliness and tardiness costs. *IIE Transactions*, 34, 233–243.
- Fallah-Jamshidi, S., Karimi, N., & Zandieh, M. (2011). A hybrid multi-objective genetic algorithm for planning order release date in two-level assembly system with random lead times. *Expert Systems with Applications*, 38, 13549–13554.
- Galantucci, L. M., Percoco, G., & Spina, R. (2004). Assembly and disassembly planning by using fuzzy logic & genetic algorithms. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 1(2), 7.
- Guide Jr, V. D. R. (2000). Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. *Journal of operations Management*, 18(4), 467–483.
- Guiras, Z., Turki, S., Rezg, N., & Dolgui, A. (2018). Optimization of two-level disassembly/ remanufacturing/ assembly system with an integrated maintenance strategy. *Applied Sciences*, 8(5), 666.
- Hegedus, M. G., & Hopp, W. J. (2001). Setting procurement safety lead-times for assembly systems. *International 584 Journal of Production Research*, 39, 3459–3478.
- Hnaien, F., & Afsar, H.-M. (2017). Robust single-item lot-sizing problems with discrete-scenario lead time. *International Journal of Production Economics*, 185, 223–229.
- Hnaien, F., Delorme, X., & Dolgui, A. (2009). Genetic algorithm for supply planning in two-level assembly systems with random lead times. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22, 906–915.
- Hnaien, F., Delorme, X., & Dolgui, A. (2010). Multi-objective optimization for inventory control in two-level assembly systems under uncertainty of lead times. *Computers & Operations Research*, 37, 1835–1843.
- Hnaien, F., Dolgui, A., & Wu, D. D. (2016). Single-period inventory model for one-level assembly system with stochastic lead times and demand. *International Journal of Production Research*, 54, 186–203.
- Inderfurth, K., & Langella, I. M. (2006). Heuristics for solving disassemble-to-order problems with stochastic yields. *OR Spectrum*, 28(1), 73–99.
- Inderfurth, K., Vogelgesang, S., & Langella, I. M. (2015). How yield process misspecification affects the solution of disassemble-to-order problems. *International Journal of Production Economics*, 169, 56–67.
- Khouja, M. (1999). The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. *Omega*, 27(5), 537–553.
- Kim, H. J., & Xirouchakis, P. (2010). Capacitated disassembly scheduling with random demand. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7177–7194.
- Kim, H. J., Lee, D. H., & Xirouchakis, P. (2006a). Two-phase heuristic for disassembly scheduling with multiple product types and parts commonality. *International Journal of Production Research*, 44(1), 195–212.
- Kim, H. J., Lee, D. H., & Xirouchakis, P. (2006b). A Lagrangean heuristic algorithm for disassembly scheduling with capacity constraints. *Journal of the Operational Research Society*, 57(10), 1231–1240.
- Kim, H. J., Lee, D. H., Xirouchakis, P., & Kwon, O. K. (2009). A branch and bound algorithm for disassembly scheduling with assembly product structure. *Journal of the Operational Research Society*, 60(3), 419–430.
- Kim, H. J., Lee, D. H., Xirouchakis, P., & Züst, R. (2003). Disassembly scheduling with multiple product types. *CIRP*
- Kleindorfer, P. R., & Saad, G. H. (2005). Managing disruption risks in supply chains. *Production and Operations Management*, 14(1), 53-68.
- Kumar A. (1989). Component Inventory Costs in an Assembly Problem with Uncertain Supplier Lead-Times, *IIE Transactions*, 21, p. 112-121.
- Lee, D. H., & Xirouchakis, P. (2004). A two-stage heuristic for disassembly scheduling with assembly product structure. *Journal of the Operational Research Society*, 55(3), 287–297.
- Liu, K., & Zhang, Z. H. (2018). Capacitated disassembly scheduling under stochastic yield and demand. *European Journal of Operational Research*, 269(1), 244–257.
- Kumar, A. (1989). Component inventory costs in an assembly problem with uncertain supplier lead-times. *IIE*

- Ould Louly M. -A., & Dolgui A. (2002a). Generalized newsboy model to compute the optimal planned lead times in assembly systems. *International Journal of Production Research*, 40(17), p. 4401-4414.
- Ould Louly M. -A., & Dolgui A. (2002b). Supply Planning Optimization under Uncertainties. *International Journal of Agile Manufacturing*, 5(1), pp. 17-26.
- Ould Louly M., & Dolgui A. (2004). The MPS parameterization under lead time uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 90(04), p. 369-376.
- Ould Louly M. -A., & Dolgui A. (2009). Calculating safety stocks for assembly systems with random component procurement lead times: A branch and bound algorithm. *European Journal of Operational Research*, 199(3), pp. 723-731.
- Ould Louly M. -A., Dolgui A., & Hnaien, F. (2008a). Supply planning for single-level assembly system with stochastic component delivery times and service level constraint. *International Journal of Production Economics*, 115(1), p. 236-247.
- Ould Louly M. -A., Dolgui A., & Hnaien, F. (2008b). Optimal supply planning in MRP environments for assembly systems with random component procurement times. *International Journal of Production Research*, 46(19), p. 5441-5467.
- Ould Louly M. -A., & Dolgui A. (2013). Optimal MRP parameters for a single item inventory with random replenishment lead time, POQ policy and service level constraint. *International Journal of Production Economics*, 143(1), p. 35-40.
- Prakash, P., Ceglarek, D., and Tiwari, M. (2012). Constraint-based simulated annealing (CBSA) approach to solve the disassembly scheduling problem. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60(9-12), 1125–1137.
- Proth J.-M., Mauroy G., Wardi Y., & Chu C. (1997). Supply management for cost minimization in assembly systems with random component yield times. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 8(5), p. 358-403.
- Sakiani R., Ghomi S.F., & Zandieh, M. (2012). Multi-objective supply planning for two-level assembly systems with stochastic lead times. *Computers & Operations Research*, 39(7), p. 1325-1332.
- Shojaie, S. H., Bahoosh, A., & Pourhassan, M. (2015). A study on MRP with using leads time, order quality and service level over a single inventory. *Jurnal UMP Social Sciences and Technology Management*, 3(1), 235–239.
- Slama, I., Ben-Ammar, O., Dolgui, A., and Masmoudi, F. (2020a). Newsboy problem with two-level disassembly system and stochastic lead time. *ROADEF*.
- Slama, I., Ben-Ammar, O., Dolgui, A., and Masmoudi, F. (2020b). A stochastic model for a two-level disassembly lot-sizing problem under random lead time. *In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, pages 275–283. Springer.
- Slama, I., Ben-Ammar, O., Masmoudi, F., and Dolgui, A. (2019a). Disassembly scheduling problem: literature review and future research directions. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 601–606.
- Slama, I., Ben-Ammar, O., Masmoudi, F., and Dolgui, A. (2019b). Scenario-based stochastic linear programming model for multi-period disassembly lot-sizing problems under random lead time. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 595–600.
- Slama, I., Ben-Ammar, O., Dolgui, A., and Masmoudi, F. (2020c). New mixed integer approach to solve a multi-level capacitated disassembly lot-sizing problem with defective items and backlogging. *Journal of Manufacturing Systems*, 56 :50–57.
- Suzanne, E., Absi, N., & Borodin, V. (2020). Towards Circular Economy in Production Planning: Challenges and Opportunities. *European Journal of Operational Research*.
- Snyder, L.V., Atan, Z., Peng, P., Rong, Y., Schmitt, A.J., & Sinsoysal B. (2016). OR/MS models for supply chain disruptions: a review. *IIE Transactions*, 48, p. 89-109.
- Speier, C., Whipple, J.M., Closs, D.J., & Voss, M.D. (2011). Global supply chain design considerations: Mitigating product safety and security risks. *Journal of Operations Management*, 29, 721–736.
- Tang, O., & Grubbström, R. W. (2003). The detailed coordination problem in a two-level assembly system with stochastic lead times. *International journal of production economics*, 81, 415-429.
- Tighazoui, A., Turki, S., Sauvey, C., & Sauer, N. (2019). Optimal design of a manufacturing-remanufacturing-transport system within a reverse logistics chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(5-8), 1773-1791.
- Turki, S., Sauvey, C., & Rezg, N. (2018). Modelling and optimization of a manufacturing/remanufacturing system with storage facility under carbon cap and trade policy. *Journal of Cleaner Production*, 193, 441-458.
- Yano, C. A. (1987a). Setting planned lead times in serial production systems with tardiness costs. *Management Science*, 676 33, 95–106.
- Yano, C. A. (1987b). Setting planned lead times in serial production systems with tardiness costs. *Management Science*, 678 33, 95–106.
- Yano, C. A. (1987c). Stochastic lead times in two-level assembly systems. *IIE Transactions*, 19, 371–378.