

Titre: Développement d'une méthodologie de sélection de méthodes pour la planification et le contrôle de la fabrication
Title: la planification et le contrôle de la fabrication

Auteur: Angela Patricia Velasco Acosta
Author:

Date: 2021

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Velasco Acosta, A. P. (2021). Développement d'une méthodologie de sélection de méthodes pour la planification et le contrôle de la fabrication [Thèse de doctorat, Polytechnique Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/9097/>
Citation:

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/9097/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Pierre Baptiste, Sofiane Achiche, & Olivier Kerbrat
Advisors:

Programme: Génie mécanique
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

**Développement d'une méthodologie de sélection de méthodes pour la
planification et le contrôle de la fabrication**

ANGELA PATRICIA VELASCO ACOSTA

Département de génie mécanique

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiæ Doctor*

Génie mécanique

Avril 2021

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Cette thèse intitulée:

Développement d'une méthodologie de sélection de méthodes pour la planification et le contrôle de la fabrication

présentée par **Angela Patricia VELASCO ACOSTA**

en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiae Doctor*

a été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

Bruno AGARD, président ou présidente

Pierre BAPTISTE, membre et directeur de recherche

Sofiane ACHICHE, membre et codirecteur de recherche

Olivier KERBRAT, membre et codirecteur de recherche

Maha BEN ALI, membre

Yvan BEAUREGARD, membre externe

DÉDICACE

À ma famille Velasco Acosta, que j'aime avec tout mon cœur

À mon pays Bolivie, fière de mes origines

REMERCIEMENTS

Cette recherche n'aurait jamais été possible sans le soutien continu et l'accompagnement des personnes que j'ai eu la chance de rencontrer à Polytechnique ainsi que de mes proches.

Tout d'abord je voudrais remercier mon directeur de recherche Pierre Baptiste, et mes co-directeurs Sofiane Achiche et Olivier Kerbrat, qui ont accepté de m'encadrer alors que j'étais déjà à mi-chemin et qui m'ont guidé pour pouvoir compléter ce défi. Vos conseils, votre vision, votre intérêt porté à ma recherche, votre patience, votre soutien et surtout votre précieux temps ont été très appréciés.

Un grand merci à tous les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer cette thèse.

Merci également aux participants du sondage sur la sélection de méthodes. Votre retour a été très important et constitue une partie fondamentale de cette recherche.

Je voudrais aussi remercier de manière très spéciale à Christian Mascle (†), qui était mon directeur de recherche. Merci Prof. de m'avoir donné cette opportunité et d'avoir cru en moi dès le début. Merci pour votre encadrement et votre soutien pendant trois ans. Vous resterez toujours dans nos mémoires.

Merci à mes collègues de recherche du B-450.21, avec qui j'ai partagé plus qu'un bureau: Daphné L., Nicolas M., Othmane D., Claudia H., Masoud M., Rosalie W., Ali H., Huy V. et Vahid A. Sans les conversations, les rires, les 5 à 7 et les pauses café qu'on a partagés ça n'aurait pas été la même expérience.

Merci à mes amis qui ne m'ont jamais laissé tomber: Andrés G., María M., Pablo C., Sofia T., Mariela V., Mario F. et Humberto N. Gracias a aquellas amistades que siempre estuvieron presentes y pendientes a pesar de la distancia. Mil gracias.

Un grand merci à Polytechnique Montréal, et spécialement au département de génie mécanique, qui a financé cette recherche. Je me sens très chanceuse et je vous serais toujours reconnaissante.

Merci à toutes les personnes que j'ai rencontrées à Polytechnique, que ce soit dans les couloirs, les événements de l'AÉCSP, les corrections, les surveillances et comme agente d'accueil GO-POLY; ou ailleurs, pendant la conférence MOSIM 2018 et mon stage chez Siemens. Sans doute, les moments partagés ont contribué grandement à mon développement personnel et professionnel.

Finalement, mais pas moins importants, merci à ma famille que j'aime tellement et qui ont été à mes côtés inconditionnellement. Gracias mami Patricia A. por impulsarme a salir de mi zona de confort y tus consejos en todo momento. Sin duda alguna fuiste el principal motivo para realizar este doctorado y seguir tus pasos. Gracias papá Angel V. por tener las palabras exactas que necesitaba escuchar y hacerme reír. Te debo un artículo en español. Gracias hermanita Claudia V. por haber sido la persona que estuvo conmigo casi 24/7, por tus mensajitos y abrazos que me llenaron de energía para seguir y terminar. Sos la mejor Ph.D. coach que pude tener. Sin el apoyo de los tres no hubiera podido llegar a concluir este desafiante capítulo en mi vida.

RÉSUMÉ

Les stocks et la satisfaction des clients ont toujours été des sujets fondamentaux dans la gestion de la fabrication. Dans le but d'assurer les bonnes quantités des produits au bon moment, respectant la qualité exigée et à un prix raisonnable, la planification et le contrôle sont devenus les éléments au cœur de cette gestion. Au fil des années, l'environnement a évolué rapidement menant à l'apparition de méthodes qui peuvent le supporter: les méthodes à flux poussé et à flux tiré. Cependant, ces méthodes ne peuvent être appliquées dans toutes les situations. Dans certaines industries, telle que l'industrie aéronautique caractérisée par un faible volume de production et par une nomenclature complexe, ces problèmes deviennent encore plus difficiles à résoudre. D'autres méthodes moins répandues, telles que les méthodes hybrides ou intégrées, permettent aussi de réduire les stocks et d'améliorer la satisfaction du client. Celles-ci comprenant la combinaison ou l'intégration d'au moins deux méthodes bénéficient des avantages de chacune.

La littérature montre que plusieurs méthodes peuvent offrir les meilleurs résultats dans certains cas. Chaque entreprise interprète, adapte et implémente les méthodes selon les connaissances et l'expérience des ressources dont elle dispose. Alors, le choix d'une méthode à adopter devrait se faire selon l'environnement manufacturier.

D'abord, les conditions dans lesquelles les méthodes sont plus susceptibles d'apporter les meilleures performances ont été analysées dans la littérature et collectées d'experts afin de développer un recueil de connaissances pour les mettre en évidence. Ces conditions qui représentent l'environnement ont été décrites selon cinq caractéristiques identifiées. Les méthodes intégrées et hybrides ont été incluses dans cette analyse. Parmi les méthodes mises de l'avant se trouve la *demand-driven MRP*, qui est très peu étudiée dans la littérature. Ensuite, cette méthode a été évaluée dans un cas synthétique avec des particularités du milieu de l'industrie aéronautique. Les résultats satisfaisants en matière de niveau de stocks et de service, soit une réduction des stocks de 18% et une amélioration de la satisfaction de la clientèle de 41% par rapport à son état initial, prouvent que cette méthode est applicable dans cet environnement complexe. En effet, la méthode permet de gérer sept types de structures de découplage et d'offrir une visibilité sur les ruptures de stocks et les surstocks. Néanmoins, le succès de l'implémentation dépend particulièrement du positionnement stratégique des stocks. Par la suite, une démarche structurée d'aide à la décision de trois étapes de sélection a été développée en se basant sur la compatibilité entre les méthodes

existantes et l'environnement en étude pour n'importe quel type d'industrie. Les caractéristiques préalablement identifiées ont été considérées comme fondamentales pour cette analyse puisqu'elles ont permis d'attribuer une pondération à chaque méthode et d'assurer une possible combinaison ou intégration selon les buts de chacune. Le même cas synthétique a été adopté pour évaluer la robustesse de la démarche. Ainsi, les méthodes sélectionnées ont été classées par points de compatibilité, facilitant le choix final pour l'environnement donné. La démarche structurée incluant des règles a permis de proposer une méthode plus adaptée, appropriée et compétitive puisqu'elle prend en compte l'environnement manufacturier qui a été négligé jusqu'à présent.

ABSTRACT

Stocks and customer satisfaction have always been two crucial issues in manufacturing management. In order to ensure the right quantity of products at the right time with the required quality and at a reasonable price, planning and control have become the heart of such management. Over the years, the environment has quickly evolved, which resulted in the emergence of methods that can support it: push and pull methods. However, these methods are not applicable to every situation. In some industries, like the aeronautical, characterized by a low production volume and a complex bill of materials, these problems have become more complicated to solve. Other less known methods such as hybrid and integrated methods, also allow to reduce stocks and improve customer satisfaction. These defined as the combination or integration of at least two methods can include advantages from each method.

Literature reveals that many methods can offer the best results in some case scenarios. Each company understands, adapts and implements methods according to the knowledge and expertise of its available resources. Thus, the choice of the method to be adopted should be made according to its manufacturing environment.

First, the conditions under which these methods are more likely to bring the best performances have been analyzed in the literature and collected from experts to develop a collection of methods to highlight them. These conditions that represent the environment, have been described according to five targeted characteristics. Integrated and hybrid methods have been included in this analysis. Among the analyzed methods is demand-driven MRP, which has limited literature. This method has been evaluated in an aeronautical-related synthetic case. The satisfying results in terms of stock and customer satisfaction levels, including a stock reduction of 18% and customer satisfaction improvement of 41% compared to its initial situation, prove that this method is applicable in this complex environment. Indeed, the method has been able to manage seven types of decoupling structures and provide real visibility of stockouts and overstock. However, the success of the implementation depends specifically on the strategic positioning of buffers. A three-step selection framework has then been developed based on the compatibility match between existing methods and the studied environment for any type of industry. The previously identified characteristics have been considered essential for this analysis because they allow to assign a scale to each method and ensure a possible combination or integration according to the purposes of each one. The same

synthetic case has been adopted to evaluate the robustness of the framework. Thus, the selected methods have been classified by an appropriateness rank, which simplifies the final choice for a given environment. This framework, includes rules that enables to propose a more adapted, appropriate and competitive method because it considers the manufacturing environment that has been neglected until now.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	VI
ABSTRACT	VIII
TABLE DES MATIÈRES	X
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES FIGURES	XIV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XV
LISTE DES ANNEXES	XVII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Mise en contexte.....	1
1.2 Objectif de recherche	5
1.3 Méthodologie de recherche	7
1.4 Structure de la thèse	9
CHAPITRE 2 ARTICLE 1 : AN EXPLORATORY REVIEW OF INTEGRATED AND HYBRID MANUFACTURING PLANNING AND CONTROL METHODS	11
2.1 Introduction	11
2.2 Literature review methodology	13
2.3 Results	16
2.3.1 Evolution of manufacturing planning and control	16
2.3.2 Integrated and hybrid methods	18
2.4 Discussion of results.....	27
2.4.1 Origins and current state of integrated and hybrid methods	27

2.4.2	Implementation of methods.....	28
2.4.3	Empirical studies and manufacturing environment.....	28
2.5	Applicability of hybrid and integrated methods.....	29
2.6	Conclusion and future research directions	30
CHAPITRE 3 ARTICLE 2 : APPLICABILITY OF DEMAND-DRIVEN MRP IN A COMPLEX MANUFACTURING ENVIRONMENT		32
	Abstract	32
3.1	Introduction	32
3.2	Production planning and control	33
3.3	Methodology	36
3.3.1	Data generation	37
3.3.2	DDMRP parameters settings.....	37
3.3.3	DDMRP execution	40
3.4	Results	41
3.4.1	Stock level.....	42
3.4.2	Customer satisfaction	44
3.5	Conclusion and perspectives	46
	Acknowledgements	47
	Appendix 3.1 DDMRP's steps.....	48
	Appendix 3.2 Buffers from levels 0, 1, 2, 3 and 4.	49
CHAPITRE 4 ARTICLE 3 : A FRAMEWORK FOR SELECTING MANUFACTURING PLANNING AND CONTROL METHODS – A DESCRIPTIVE RESEARCH		51
4.1	Introduction	51
4.2	Literature review	52
4.3	Methodology	56

4.3.1	Existing methods and environment characteristics	57
4.3.2	Survey collection of methods	58
4.3.3	Compatibility points matrix	65
4.4	Selection of methods	66
4.4.1	Rank according to the match between method and manufacturing environment (S02) 68	
4.4.2	Seek combination or integration (S03).....	69
4.5	Case study	69
4.5.1	Impact of parameters variation on the final choice	71
4.6	Conclusions and future work.....	72
Appendix 4.1 Survey results for simple, integrated and hybrid methods manufacturing characteristics		73
Appendix 4.2 Survey results for simple, integrated and hybrid methods usefulness.....		75
CHAPITRE 5 DISCUSSION GÉNÉRALE		76
5.1	Atteinte des objectifs de recherche.....	76
5.2	Analyse des recueils de connaissances.....	78
5.3	Limitations des résultats obtenus	80
CHAPITRE 6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		84
6.1	Sommaire de la thèse et originalité de la contribution	84
6.2	Étapes à suivre après la sélection de méthodes	85
6.3	Recommandations pour futurs travaux	87
RÉFÉRENCES		89
ANNEXES		117

LISTE DES TABLEAUX

Table 2.1	Keywords for queries	14
Table 2.2	Number of selected papers from major scientific journals	15
Table 2.3	Methodology classification of integrated and hybrid methods	20
Table 2.4	Identification of manufacturing environment characteristics and performance benefits of existing case studies	21
Table 2.5	Industry categorization of integrated and hybrid methods.....	25
Table 2.6	Manufacturing planning and control methods collection.....	30
Table 3.1	Manufacturing environments studied.....	35
Table 3.2	Choices of buffer positioning.....	38
Table 3.3	Factory X's manufacturing environment	40
Table 3.4	Comparison of actual lead time and planned due date for end products (in days)	45
Table 3.5	Non-buffered items results.....	46
Table 4.1	Summary of existing selection techniques related to manufacturing planning and control issues	53
Table 4.2	Summarized results for simple, integrated and hybrid methods	60
Table 4.3	Usefulness differences according to participants' years of experience	64
Table 4.4	Assessment of survey and weighted survey collections	65
Table 4.5	Compatibility point matrix.....	68
Table 4.6	Profile of Factory X	70
Table 4.7	Compatibility (rank) and usefulness (seek) analysis of Factory X	71
Table 4.8	Choices for Factory X according to employed parameters	72
Tableau 5.1	Comparaison des recueils de connaissances des méthodes intégrées et hybrides de la planification et le contrôle de la fabrication.....	79

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Sélection en gestion de fabrication	4
Figure 1.2 Vue d'ensemble de la thèse	6
Figure 1.3 Démarche de recherche.....	8
Figure 2.1 Selection process of publications.....	13
Figure 2.2 Timeline of the emergence of manufacturing planning and control methods	17
Figure 2.3 Types of hybrid and integrated methods.....	17
Figure 2.4 Distribution of selected publications according to the type of method	18
Figure 3.1 Research methodology.....	36
Figure 3.2 Product PF-jj structure	37
Figure 3.3 Types of decoupling structures	39
Figure 3.4 DDMRP model: Demand-Driven planning	41
Figure 3.5 Buffer position of items (a) F1-107 and (b) S2-65	43
Figure 3.6 Buffer position of items (a) F4-91 and (b) F5-93	44
Figure 4.1 Overview of the research methodology	57
Figure 4.2 Summarized usefulness of simple, integrated and hybrid methods by percentage of participation.....	62
Figure 4.3 Three-step selection framework of appropriate method	66
Figure 6.1 Vue d'ensemble de la démarche structurée d'aide à la décision proposée	86

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADU	Average daily usage
AVG OH	Average on-hand
B	Buffered
B-B	Buffered buffered
BOM	Bill of materials
ConWIP	Constant work-in-process
DBR	Drum-buffer-rope
DDMRP	Demand-Driven MRP Demand-Driven Material Requirements Planning
DLT	Decoupled lead time
DRP	Distribution resource planning
ERP	Enterprise resource planning
ETO	Engineer-to-order
FIFO	First in first out
IML	Intermediate item, medium lead time, low variability
JIT	Just-in-time
LT	Lead time
MML	Manufactured item, medium lead time, low variability
MPS	Master planning schedule
MRP	Material requirements planning
MRPII	Manufacturing requirements planning
MSH	Manufactured item, short lead time, high variability
MTO	Make-to-order
MTS	Make-to-stock

NB	Non-buffered
NB-B	Non-buffered buffered
OPT	Optimized production technology
PLL	Purchased item, long lead time, low variability
PMH	Purchased item, medium lead time, high variability
PML	Purchased item, medium lead time, low variability
POLCA	Paired cell overlapping loops cards with authorization
S	Survey
TOC	Theory of constraints
TOG	Top of green
TOR	Top of red
TOY	Top of yellow
WIP	Work-in-process
WLC	Work load control
WS	Weighted survey

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Principaux sujets de sélection liée à la fabrication dans la littérature entre 2015 et 2020	117
Annexe B Références Chapitre 2	121
Annexe C Description des <i>frameworks</i> existants de méthodes hybrides et intégrées.....	124
Annexe D Formulaire du sondage : Sélection de méthodes.....	127

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Les fabricants doivent faire face à des problèmes de retards de commandes et de gestion de stocks qui sont toujours présents dans l'industrie manufacturière, où ils transforment des matières premières en produits finis. La planification et le contrôle de la production sont des fonctions de gestion essentielles pour rester compétitif (M. Stevenson et al., 2005 ; Zäpfel et Missbauer, 1993) dans tous les types de production (Burbidge, 1990). Les approches de planification et de contrôle de la fabrication qui programment les commandes selon les ressources disponibles et régulent le flux de matériel (Burbidge, 1990 ; Germs et Riezebos, 2010) ont été conçues pour résoudre ces problèmes à un niveau opérationnel (M. Gupta et Snyder, 2009) générant des gains à un niveau stratégique. Cependant, la planification et le contrôle de la production sont des étapes très difficiles à gérer (Olhager, 2013) à cause de la diversité des facteurs dont on doit en tenir compte pour améliorer la performance (Jeon et Kim, 2016). La configuration de la méthode à implémenter a aussi un impact sur la réponse du système, puisque la performance peut varier selon les différentes valeurs (González-R et al., 2012) et la qualité des paramètres utilisés, c'est dire à quel point les paramètres sont des représentations fiables de la réalité (Sheu et Wacker, 2001). Ces paramètres sont généralement déterminés à partir du jugement et l'expérience (Jonsson et Mattsson, 2002).

Les besoins changeants de la fabrication requièrent des méthodes capables de s'adapter à cette évolution et de fournir des solutions durables dans le temps. En 1970, Orlicky a révolutionné la planification de la production en introduisant la planification des besoins en matière (en anglais *Material Requirements Planning MRP*). Au cours du temps, la méthode MRP a évolué pour satisfaire ces besoins. C'est ainsi qu'en 1980, la planification des ressources de production (en anglais *Manufacturing Requirements Planning MRPII*) a été développée en incluant la planification de capacités. Puis en 1990, la planification des ressources d'une entreprise (en anglais *Enterprise Resource Planning ERP*) qui apportait un système d'information efficace (Elragal et Haddara, 2012) à un niveau stratégique, a été établie. Depuis, l'ERP est devenu le système d'information à flux poussé le plus largement connu. La principale caractéristique de ces approches à flux poussé est que les composants, les produits intermédiaires et les produits finis sont poussés dans le stock en réponse à un ordre de fabrication, décidé sur la base de prévisions chiffrées, et non

parce qu'il existe un besoin effectif et identifié (Benton et Shin, 1998). D'autre part, les approches basées sur la philosophie *Lean* (Womack et Jones, 1996) ont gagné leur place dans l'industrie manufacturière en tant que méthodes à flux tiré. Ce flux est déclenché par le client, c'est-à-dire que les commandes de fabrication ne sont passées qu'au moment où le besoin est réel. Le juste à temps (en anglais *just-in-time JIT*) est une stratégie opérationnelle qui devient une approche de gestion quand il est adopté simultanément avec le Kanban (García Alcaraz et al., 2016) ou une de ses extensions. ConWIP (en anglais *Constant Work-In-Process*), POLCA (en anglais *Paired cell Overlapping Loops Cards with Authorization*) et WLC (en anglais *Workload Control*) sont des méthodes plus récentes qui partagent des principes similaires à ceux du Kanban, mais avec leurs propres particularités. ConWIP contrôle la quantité totale de travail en établissant une limite des stocks en-cours (en anglais WIP) dans le système de production (Jaegler et al., 2017). Tandis que POLCA contrôle le WIP associé à une route entre deux centres de travail (Harrod et Kanet, 2013). Seulement quand le WIP est inférieur à la limite fixée, la méthode autorise la libération des commandes (Bertolini et al., 2015). WLC libère de nouvelles commandes seulement si elles n'excèdent pas la limite (Bertolini et al., 2015). En attendant, toutes les commandes se trouvent dans un *pool* de travail. Ce type de méthodes, qui ont été facilement adoptées dans l'atelier présentent des avantages significatifs et immédiats, mais seulement lorsqu'il n'y a pas de fluctuation de la demande (Puchkova et al., 2016 ; Trojanowska et al., 2011). La théorie des contraintes (en anglais *Theory of Constraints TOC*) est un cas spécial que plusieurs chercheurs considèrent comme une méthode à flux tiré, mais elle peut être aussi implémentée comme une méthode à flux poussé. Elle se concentre sur la contrainte qui limite la performance du système (Umble et al., 2001). La TOC est le développement de la philosophie OPT (en anglais *Optimized Production Technology*) et le DBR (en anglais *Drum Buffer Rope*), un outil résultant de celle-ci. Les trois font partie de la même famille.

La divergence entre les méthodes à flux poussé et à flux tiré dans la planification et le contrôle de la fabrication a permis aux chercheurs d'identifier et de comparer leurs avantages et inconvénients dans certains environnements manufacturiers, puis de proposer le passage d'une méthode à l'autre, et plus tard, l'intégration ou combinaison de ses deux approches, connus comme intégré ou hybride. Ce type d'approches déterminent et génèrent les commandes de fabrication en adoptant MRP, MRPII ou ERP. Ensuite, ces commandes sont exécutées en utilisant TOC, JIT, ConWIP, ou POLCA. L'approche *demand-driven MRP* ou DDMRP (en anglais *Demand-Driven Material*

Requirements Planning) regroupe les aspects encore pertinents du MRP et de la distribution des ressources (en anglais *distribution resource planning* DRP), la visibilité et le flux tiré retrouvés dans le Lean et le TOC, et la réduction de la variation aperçue dans le Six sigma (Ptak et Smith, 2016). Elle identifie et gère deux types d'items (c.-à-d. bufférisés ou non bufférisés) indépendamment des caractéristiques de consommation de chacun des items.

Le meilleur système est celui qui s'adapte à l'environnement manufacturier dans lequel il doit être appliqué (Bolander et Taylor, 2000 ; M. Stevenson et al., 2005). Les attributs de l'approche qui concorde le mieux avec les caractéristiques de l'industrie (c.-à-d. environnement manufacturier) devront être analysés pour obtenir des gains plus avantageux (Polus et Weill, 1985 ; M. Stevenson et al., 2005). Néanmoins, il est possible de retrouver des environnements plus complexes que d'autres. Dans cette recherche, la complexité désigne la difficulté rencontrée dans la mise en œuvre d'une méthode dans des industries qui requièrent une grande quantité de pièces pour la fabrication de leurs produits finis à cause de leurs niveaux de nomenclature importants (Polus et Weill, 1985) comme l'industrie manufacturière aéronautique ou de machine-outil (Burbidge, 1990). Par conséquent, l'industrie aéronautique a été choisie comme point de départ de cette recherche puisque la fabrication des avions est très complexe. Le cycle de production doit suivre une large gamme due au grand nombre de composants à fabriquer et à assembler (c.-à-d. autour d'un million) avec des délais d'approvisionnements variables qui dépendent parfois d'un grand nombre de sous-traitants qui interviennent à différents niveaux (Esposito et Passaro, 1997). L'étude de cas synthétique utilisée a été construite en prenant compte de caractéristiques semblables à celles de cette industrie. En plus, ce secteur industriel est très important pour le Canada. Selon Statistiques Canada¹, l'industrie aérospatiale a généré des revenus de 31.5 milliards de dollars et employé 89 500 Canadiens en 2018. 51% des activités manufacturières de l'aérospatiale canadienne se trouvent dans la province de Québec.

¹ Rapport 2019 sur l'état de l'industrie aérospatiale canadienne élaboré par Innovation, Sciences et Développement économique Canada et AIAC (https://www.ic.gc.ca/eic/site/ad-ad.nsf/fra/h_ad03964.html)

À partir de l'analyse de la revue de littérature, il a été possible d'identifier que les méthodes hybrides et intégrées contribuent à réduire les niveaux de stocks et à améliorer les niveaux de service, ce qui nous amène à notre problématique :

Quelle est l'approche permettant d'améliorer la performance en matière de niveau de stocks et de service dans une industrie manufacturière de type aérospatiale caractérisée par un faible volume de production et par une nomenclature complexe?

Dans les 5 dernières années, la plupart des techniques qui ont été développées en gestion de fabrication se sont concentrées principalement sur la sélection d'une machine, d'un processus de fabrication, d'une technologie de fabrication, ou d'un fournisseur, entre autres. Les principaux sujets de sélection retrouvés dans la littérature (c.-à-d. revues scientifiques ayant un facteur d'impact élevé) ont été classifiés en sept catégories adaptées de Esmailian et al. (2016) dans la figure 1.1. Parmi les techniques les plus utilisées se trouvent AHP (en anglais *Analytic Hierarchy Process*) et TOPSIS (en anglais *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Toutes les techniques sont identifiées dans l'annexe A.

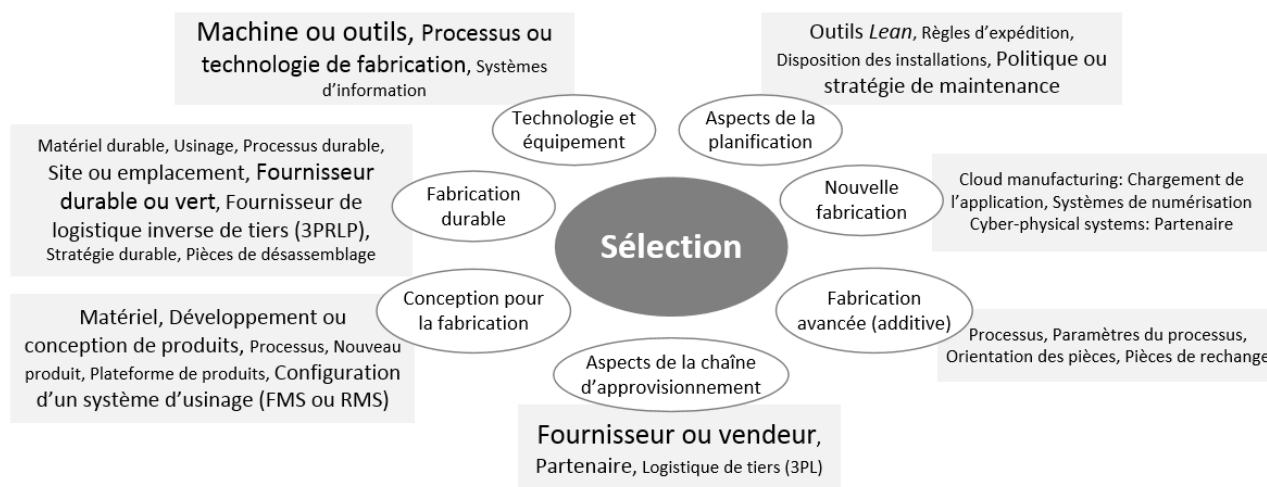


Figure 1.1 Sélection en gestion de fabrication

La littérature montre que la sélection de méthodes de planification et de contrôle reste une lacune et une nécessité, surtout la sélection des méthodes hybrides et intégrées. C'est pour répondre à ceci que cette recherche a pour objectif général d'identifier les règles permettant de sélectionner, dans un environnement donné, la méthode ou la combinaison de méthodes (hybride ou intégrée)

susceptible d'offrir les meilleures performances assurant la réduction du niveau des stocks et l'amélioration du niveau de service.

1.2 Objectif de recherche

L'objectif général de cette thèse est d'identifier les règles permettant d'anticiper, dans un environnement donné, la méthode ou la combinaison de méthodes (hybride ou intégrée) susceptible d'offrir les meilleures performances assurant la réduction du niveau des stocks et l'amélioration du niveau de service. Cet objectif est divisé en trois objectifs spécifiques :

- Développer un recueil de connaissances des méthodes hybrides et intégrées de planification et de contrôle de la fabrication issu de la littérature. Ce recueil permettra d'identifier les caractéristiques de l'environnement dans lesquels chacune de ces méthodes sont plus performantes.
- Valider l'applicabilité du *demand-driven MRP* dans un environnement complexe et l'impact de la configuration de paramètres sur la performance. Cela permettra de combler un manque de connaissance identifié entre cette méthode et les caractéristiques de l'environnement complexe. En effet, le DDMRP, qui est la méthode la plus analysée (18.7%) combinant plus de deux méthodes est apparu pendant les dernières dix années, mais elle n'a pas encore été évaluée dans un environnement de type aéronautique, c'est-à-dire à bas volume, de type MTO et à nomenclature complexe.
- Développer une démarche structurée d'aide à la décision pour la sélection des méthodes selon la compatibilité entre l'environnement manufacturier du cas analysé et les méthodes de planification et de contrôle de la fabrication, incluant des méthodes hybrides et intégrées. Afin de développer cette démarche, une consultation d'expert de terrain est nécessaire pour valider et compléter le recueil de connaissances issu de la littérature sur les liens entre les méthodes et les caractéristiques de l'environnement.

Le recueil de connaissances et l'analyse de la simulation de la méthode DDMRP contribuent à l'identification de règles permettant le développement d'une démarche structurée de sélection de méthodes de planification et de contrôle de la fabrication.

Les détails de la méthodologie utilisée et les résultats obtenus pour chaque objectif spécifique sont présentés sous forme d'article scientifique dans les Chapitres 2, 3 et 4. Les articles ont été publiés (ou soumis pour publication) dans des revues scientifiques avec comité de lecture.

La figure 1.2 illustre le lien entre les différents articles de journaux de la thèse. Une petite description de chaque article est présentée par la suite.

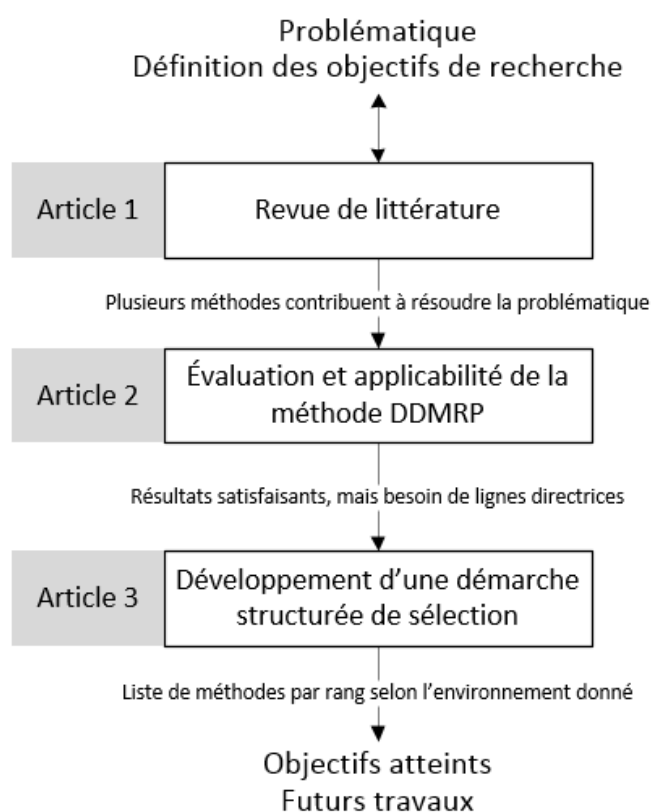


Figure 1.2 Vue d'ensemble de la thèse

Premier article : Les principales méthodes hybrides et intégrées existantes (c.-à-d. six méthodes hybrides et une méthode intégrée) ont été identifiées dans la littérature à partir de la combinaison et l'intégration d'une liste de 13 méthodes de planification et de contrôle de la fabrication. Ses avantages en matière d'amélioration de la performance et son applicabilité ont été analysés à partir d'études de cas empiriques. Ainsi, quatre caractéristiques ont été choisies pour décrire les environnements manufacturiers en fonction de leur impact sur la performance. À partir de ces

informations, un recueil de connaissances a été développé pour identifier ces quatre caractéristiques pour chacune des méthodes hybrides et intégrées pour, par la suite, faciliter le choix d'une méthode dépendamment de son environnement manufacturier. Ces méthodes ont été évaluées dans 15 types d'industries. Finalement, il apparaît que peu d'informations permettent de justifier le choix de la méthode DDMRP en particulier. Elle ne semble pas avoir été évaluée dans un environnement complexe.

Deuxième article : Puisque cette nouvelle méthode DDMRP n'a pas été étudiée dans des environnements complexes (ex. bas volume de production et nomenclature complexe), cet article propose de la valider dans un contexte avec plusieurs niveaux de nomenclature et bas volume de production. La performance de la méthode a été évaluée en matière de niveaux de stocks et de niveau de service. Les conclusions montrent que la méthode est applicable dans ce contexte, permettant d'anticiper de potentielles ruptures de stocks et de surstocks, de réduire le *lead time* de 41% et de réduire les niveaux de stock de 18%. Ainsi, la méthode peut gérer sept types de structure de découplage qui ont été identifiés à partir du positionnement stratégique des *buffers* et qui rendent plus complexe l'environnement. Cependant, le succès de l'implémentation de cette méthode dépend de la configuration des paramètres, tels que le positionnement stratégique.

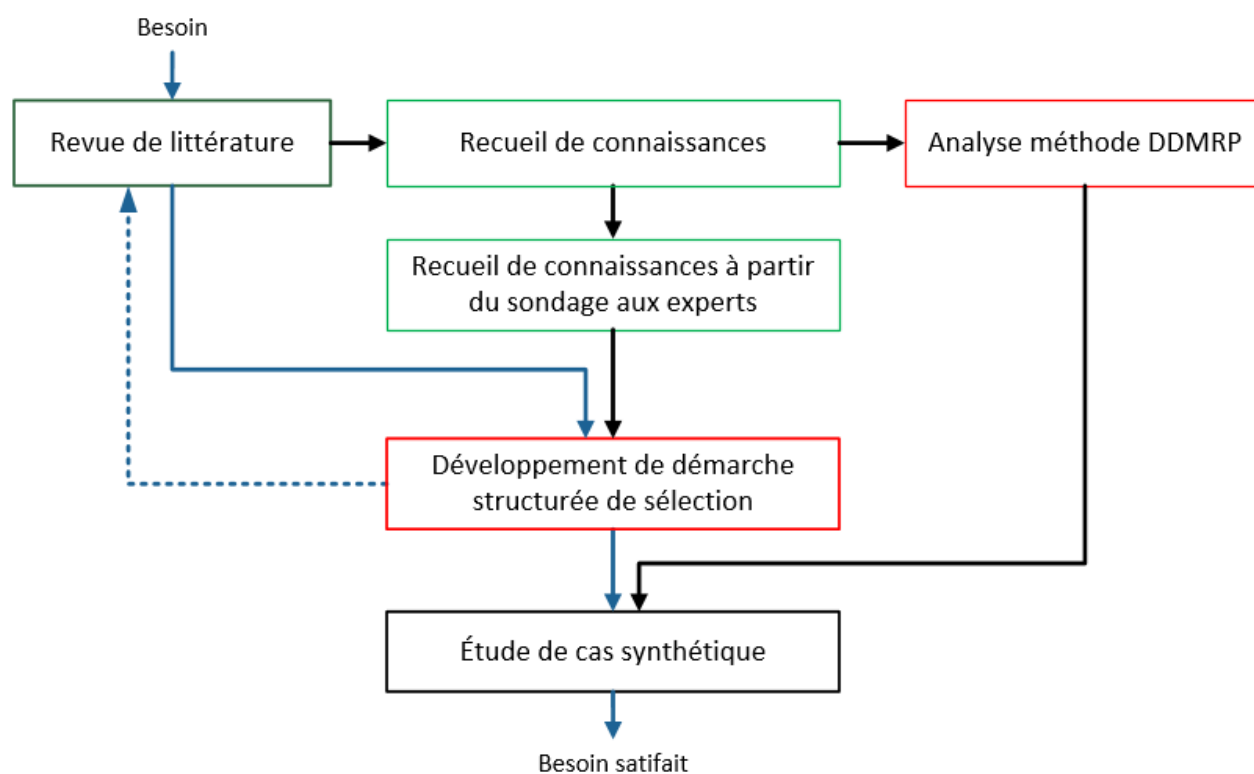
Troisième article : Pour valider et enrichir les connaissances liant les méthodes et les caractéristiques de leurs environnements, un sondage a été fait auprès d'experts. Les réponses de 27 participants ont permis d'enrichir un deuxième recueil de connaissance sur les liens entre les méthodes et les caractéristiques. La fusion entre les connaissances de la littérature et les connaissances des experts a permis de développer une démarche structurée de sélection de méthodes basée sur la compatibilité entre les méthodes et le profil en étude. Cette démarche offre une liste de méthodes par rang de compatibilité favorisant les méthodes hybrides et intégrées qui ont été longtemps négligées. Une étude de cas synthétique regroupant des caractéristiques d'un environnement complexe permet d'illustrer l'application de la démarche développée. L'étude de cas est la même que celle qui a été utilisée pour le deuxième article.

1.3 Méthodologie de recherche

La méthodologie adoptée se base sur la méthodologie DRM (en anglais *Design Research Methodology*) développée par Blessing et Chakrabarti (2009), qui comporte quatre étapes : la

clarification de la recherche (CR), l'étude descriptive 1 (ED1), l'étude prescriptive (EP) et l'étude descriptive 2 (ED2).

La clarification de la recherche permet aux chercheurs de définir la problématique et les objectifs de recherche, grâce à la revue de la littérature, qui donne un aperçu de la situation actuelle et la situation désirée. Par la suite, l'étude descriptive 1 permet soit d'analyser plus en détail la littérature ou de collecter des données empiriques qui facilitera l'identification des facteurs importants pour la prochaine étape. L'étude prescriptive favorise le développement d'un support et la première évaluation de ceci. Finalement, l'étude descriptive 2 permet d'évaluer l'applicabilité et l'utilité du support dans un cas empirique ou synthétique. La figure 1.3 illustre la méthodologie suivie lors de cette recherche.



Légende CR ED1 EP ED2

Figure 1.3 Démarche de recherche

D'abord, le premier objectif spécifique est répondu dans les Chapitres 2 et 4. Les caractéristiques de l'environnement dans lequel les méthodes hybrides et intégrées sont plus performantes sont identifiées et collectées à partir d'études de cas existantes dans la littérature (article 1) et à partir

d'un sondage en ligne auprès des experts dans le domaine (article 3). Cela permet de construire les deux recueils de connaissances montrant le lien entre les caractéristiques et les méthodes.

Ensuite, la simulation de la méthode DDMRP en utilisant le logiciel des systèmes à événements discrets ARENA permet de répondre le deuxième objectif spécifique. Un modèle se basant sur les cinq étapes de la méthode conçu par Ptak et Smith (2016) est développé afin d'analyser la performance de la méthode (article 2). La première étape comprenant le positionnement stratégique des stocks permet d'identifier des structures de découplage et d'évaluer son impact sur la performance.

Le développement d'une démarche structurée de sélection de méthodes répond au troisième objectif spécifique (article 3). Le recueil de connaissances construit à partir du sondage des experts facilite l'analyse de compatibilité entre les méthodes existantes et l'environnement donné. La démarche en trois étapes se base sur la stratégie de sélection de Ashby (2011).

La démarche proposée est évaluée à partir d'une étude de cas synthétique, qui est la même utilisée pour analyser la méthode DDMRP. Le cas synthétique est construit en comprenant des caractéristiques semblables ou ressemblant à celles de l'industrie aéronautique, qui est une des plus complexes dans le domaine de la fabrication.

1.4 Structure de la thèse

Ce document constitue une thèse par articles, et comme telle, les contributions répondent aux objectifs de notre recherche décrits dans la section 1.2. Les Chapitres 2, 3 et 4 correspondent aux trois articles qui ont été soumis à des revues scientifiques.

Le premier chapitre expose les objectifs spécifiques et la méthodologie générale adoptée pour répondre aux objectifs définis. Il décrit aussi le lien entre les trois articles de journaux.

Le deuxième chapitre présente une revue de la littérature des méthodes intégrées et hybrides de planification et de contrôle de la production effectué pendant les 35 dernières années. Il a été possible d'identifier les caractéristiques des systèmes de production pour lesquelles les méthodes sont plus performantes à partir de la littérature (c.-à-d. recueil de connaissances). Plusieurs méthodes sont disponibles, mais il n'existe pas encore une approche de planification et de contrôle de la fabrication qui soit applicable pour toutes les industries.

Le troisième chapitre présente l'applicabilité de la méthode *demand-driven MRP* dans un environnement complexe. L'approche montre des gains avantageux pour l'étude de cas synthétique analysé, mais des lignes directrices facilitant la sélection de méthode sont nécessaires.

Le quatrième chapitre introduit le développement d'une démarche structurée de sélection des méthodes à partir des caractéristiques de l'environnement manufacturier. Ces caractéristiques identifiées préalablement dans la littérature (Chapitre 2) sont validées par l'avis d'experts. Ce qui permet de proposer des règles de compatibilité entre les méthodes et l'environnement pour faciliter le choix.

Dans le Chapitre 5, nous discutons comment nous avons atteint notre objectif principal et les objectifs spécifiques de recherche. Une analyse comparative entre les recueils de connaissances développées et les limitations des résultats sont présentées. Finalement, le Chapitre 6 expose les conclusions et les futurs travaux recommandés.

CHAPITRE 2 ARTICLE 1 : AN EXPLORATORY REVIEW OF INTEGRATED AND HYBRID MANUFACTURING PLANNING AND CONTROL METHODS

Angela Patricia Velasco Acosta, Olivier Kerbrat, Sofiane Achiche and Pierre Baptiste

L'article 1 a été soumis au IEEE Transactions on Engineering Management en octobre 2020.

Abstract

Manufacturing planning and control methods have evolved in industry to satisfy the changing environment and to improve performance. However, some methods remain unknown and thus underutilized. Some companies operating with push-type methods have transitioned to pull-type methods, while others have started implementing a combination of both methods, which seems to consistently achieve satisfactory results. This paper aims to gain an understanding of integrated and hybrid methods, their benefits and applicability by conducting an exploratory review of the past 35 years. 107 publications from various electronic databases are selected and analyzed in depth. Seven types of integrated and hybrid methods are identified. Empirical studies demonstrate improved performance in terms of inventory, throughput, customer satisfaction, and lead time, among others indicators. A collection of integrated and hybrid methods is developed to highlight the conditions of the manufacturing environment in which each method excels. Nevertheless, the process to implement these methods successfully remains general, which prevents its adoption by industry. Many methods of the same type have been developed and 15 types of industry have been evaluated. This paper fulfills the need to provide a support tool to evaluate the applicability of methods under specific conditions and facilitate the selection of an integrated or hybrid method.

2.1 Introduction

A production method is needed to ensure the material and information flow during all manufacturing stages, especially during planning and control. The level of understanding about these methods is rather low, and needs to be improved to achieve better application and performance of the methods (Jonsson et Mattsson, 2006).

Push and pull type methods are the most widely known, but are only profitable in specific manufacturing environments. These methods have been considered opposites for a long time and their integration or combination seemed somewhat unimaginable years ago. Nevertheless, to adapt to the evolving manufacturing environment, researchers have found ways of taking the best attributes of different methods and combining them.

These approaches, known as hybrid or integrated methods, have been proposed in research over the last 35 years. One of the most recent methods to be studied in the literature is Demand-Driven Materials Requirements Planning (DDMRP). It claims to provide outstanding performances in terms of both stock levels and customer satisfaction (Miclo et al., 2019). Overall, hybrid and integrated approaches have the ability to provide a very good solution for reducing stocks levels and improving customer satisfaction, but are still unknown by many. Additionally, the importance of the environment has been underestimated when implementing methods. Determining their applicability is a complex task (M. Stevenson et al., 2005), especially without available information about the manufacturing environment.

The aim of this paper is to conduct a review to identify existing hybrid and integrated manufacturing planning and control methods, the benefits from their implementation, and the manufacturing conditions to which they are suited to obtain an improved performance, as the aim is to provide an overview of their relative benefits and unique suitabilities, not their technical application.

In the following sections, existing manufacturing planning and control methods are introduced and classified. The main contributions of each integrated and hybrid method are identified and summarized according to the methodology adopted. A specific focus is given to case studies by analyzing the characteristics of the production systems for which each method demonstrates an improved performance, compared to the initial situation. From this study, a collection of integrated and hybrid methods based on performance criteria is developed. Finally, some insights are provided about the future of integrated and hybrid methods.

The main contribution of this paper is to provide supporting tools that facilitate the decision-making process of suitable methods according to the manufacturing industry environment through the review of integrated and hybrid methods.

2.2 Literature review methodology

To meet the purpose of this review paper, the authors have adopted the methodology summarized in Figure 2.1.

The chosen electronic databases to collect publications were Compendex, Web of Science and ABI-INFORM. The first and second are a significant source of information that holds publications from both journals and conferences in science and engineering. It includes international publishers such as Elsevier, Emerald Insight, Springer, Taylor and Francis, IEEE Xplore, and others. The third specializes more in industrial engineering.

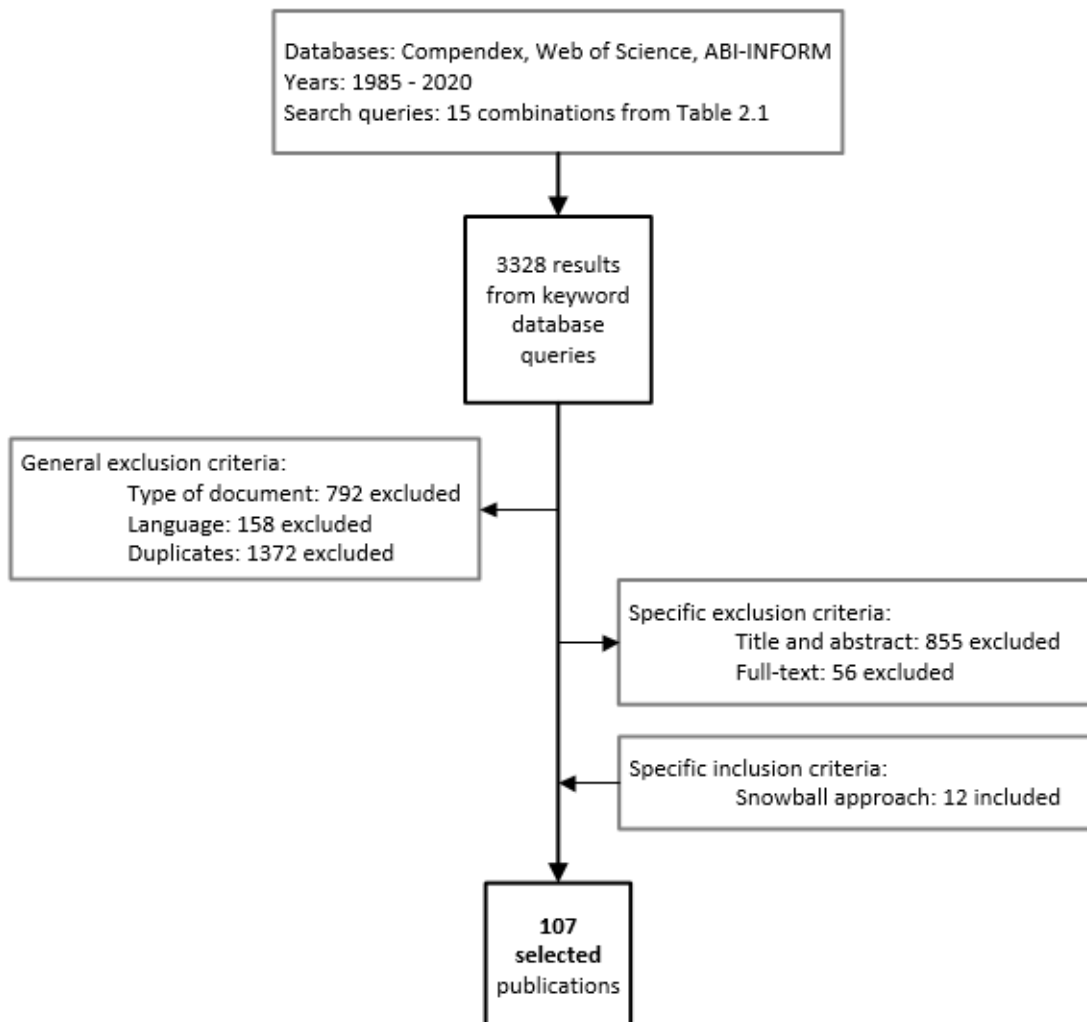


Figure 2.1 Selection process of publications

Within these databases, the authors defined the keywords used in the search queries to find as many publications of integrated or hybrid methods as possible. The searching period covered the last 35 years (i.e. from 1985 to 2020). After several attempts with no satisfactory results (i.e. the publications did not include an integrated nor hybrid method), the methods are presented in groups (Table 2.1). Groups 1, 2 and 3 list non integrated methods linked to the research topic, but do not include extensions (e.g. multi-CONWIP, etc). The keywords used were modified to include one method from Group 1 combined with at least one from Group 2 or 3, and the method from Group 4.

Table 2.1 Keywords for queries

Previous attempts	(“production planning” OR “production control”) AND (“integrated” OR “hybrid”) AND (method OR system OR approach) “production planning and control” AND (“hybrid” OR “integrated”) AND (method OR system OR approach) (lead time* OR work-in-process OR WIP OR customer satisfaction OR inventory*) AND (“production planning” OR “production control” OR “manufacturing planning” OR “manufacturing control”) AND (“integrated” OR “hybrid”) AND (method OR approach OR system)		
Combinations of methods			
Group 1	“MRP”, “MRPII”, “ERP”		
Group 2	“TOC”, “DBR”, “OPT” “JIT”, “Lean”, “Kanban”	Group 3	“POLCA” “CONWIP” “WLC”
Group 4	“DDMRP” OR “Demand-Driven MRP” OR “Demand Driven MRP”		

Notes: (*) truncation to search for words that begin with the same letters,

(“ ”) double quotation marks to search for an exact phrase

Legend: MRP - material requirements planning; MRPII - manufacturing resource planning; ERP - enterprise resource planning; TOC - theory of constraints; DBR - drum-buffer-rope; OPT - optimized production technology; JIT - just-in-time; POLCA - paired-cell overlapping loops of cards; ConWIP - constant work-in-process; WLC - workload control; DDMRP - demand-driven material requirements planning.

Papers considered in this review are published in major scientific journals, academic journals, conference proceedings, thesis or books, and written in English, French or Spanish. After the

elimination of duplicates, a total of 1006 articles were identified for further analysis. The resulting titles and abstracts not including production planning and control methods are excluded. 151 papers are reviewed to assess their relevance on the topic, specifically if they introduced hybrid or integrated methods, and if this method included one from Group 1. Additional publications are included using the snowball approach, after analyzing the references from some key papers.

The selected publications are made up of 63.6% of journal articles (i.e. major scientific journals or academic journals), 33.6% of conference proceedings and 2.8% of thesis or books.

Table 2.2 Number of selected papers from major scientific journals

Major journal	Number of papers	Period
<i>International Journal of Production Research</i>	13	1991-2020
<i>Production Planning & Control</i>	10	1992-2017
<i>International Journal of Operations & Production Management</i>	4	1993-2013
<i>International Journal of Production Economics</i>	4	1992-2008
<i>Computers & Industrial Engineering</i>	3	1996-2009
<i>Computers in Industry</i>	2	1992-2013
<i>Engineering Costs and Production Economics</i>	1	1985
<i>Journal of Operations Management</i>	1	1991
<i>Omega</i>	1	1991
<i>IIE Transactions</i>	1	1992
<i>Computers & Electrical Engineering</i>	1	1993
<i>Journal of Manufacturing Systems</i>	1	1994
<i>European Journal of Operational Research</i>	1	1998
<i>Robotics and Computer-Integrated Manufacturing</i>	1	2000
<i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i>	1	2002
<i>Journal of Strategic Information Systems</i>	1	2005
<i>Journal of Intelligent Manufacturing</i>	1	2009

The distribution of major journal articles from the last 35 years is illustrated in Table 2.2. The results of the search indicate that most publications related to integrated or hybrid methods have been mainly published in four major scientific journals (66 %): International Journal of Production Research, Production Planning & Control, International Journal of Operations & Production Management and International Journal of Production Economics.

2.3 Results

2.3.1 Evolution of manufacturing planning and control

Two categories of methods of manufacturing planning and control exist: classic or simple methods and integrated or hybrid methods.

Simple methods have one of the following main characteristics (i.e. push or pull): components, intermediate and end-products are pushed to production as a result of a production order, calculated from forecasts and not because of an identified or real need (Benton et Shin, 1998). However, the extensive amount of information to manage, centralize and stock from different sources (Powell, Alfnes, et al., 2013), can become a challenge. Alternatively, the flow is pulled by the client, rather than forecasts, and only when there is actual demand. These methods aim to simplify the process to eliminate waste (e.g. unnecessary stocks or movements) (García Alcaraz et al., 2016). However, they do not perform optimally when there is variability.

Most of the existing literature up until 2005 compares two classic or simple methods (e.g. MRP and TOC or MRP and JIT) to identify which one is better (M. Gupta et Snyder, 2009). Some conclusions result in the transition from one method to another. More recently, research is focusing on the combination or integration of these methods, known as a hybrid or integrated approaches.

Bertolini *et al.* (2015) and Esmailian *et al.* (2016) define a hybrid control system as the production strategy that combines push and pull concepts. No distinction between the definitions of hybrid and integrated have been found in the literature. The definition that has been adopted for a hybrid and integrated approach is *the method that combines or integrates respectively the best attributes of at least two existing production planning and control methods.*

Few of the existing literature proposed hybrid systems as the best choice (M. Gupta et Snyder, 2009 ; Hadas et Cyplik, 2007), when having to choose between a simple or integrated method to implement. Jeon and Kim (2016) expect that hybrid approaches will become more attractive because of their flexibility. The first hybrid method, which appeared between the 1980s and 1990s gathered only two methods. In practice, most companies already operating under one specific method, have incorporated another method to stay competitive and improve their performance (e.g. MRP and Kanban). Methods integrating more than two methods (e.g. Demand-Driven MRP) have been adopted in industry for the last ten years.

The emergence of these methods follows the evolution of the manufacturing environment complexity in time, the evolution of capacities and IT techniques, and the evolution of management methods. Figure 2.2 illustrates the first appearance date of simple, hybrid and integrated methods in literature. Several hybrid or integrated methods do not differ from each other significantly (e.g. MRP – Kanban and MRPII – Kanban), though they have been studied separately by different authors.

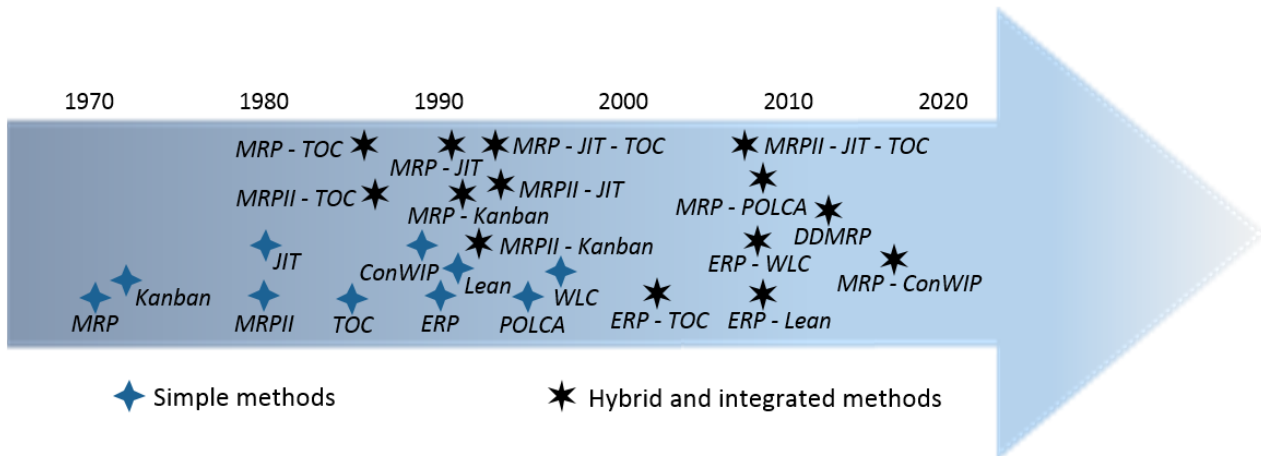


Figure 2.2 Timeline of the emergence of manufacturing planning and control methods

Miclo *et al.* (2019) have identified two types of methods according to their integration: horizontal and vertical. Others (González-R *et al.*, 2012) identify them as global and sequential. For a better understanding, methods in Figure 2.2 are analyzed according to their individual purpose: generate production orders or control the work-in-process (Figure 2.3). Both purposes are complementary and representative of planning and control functions.

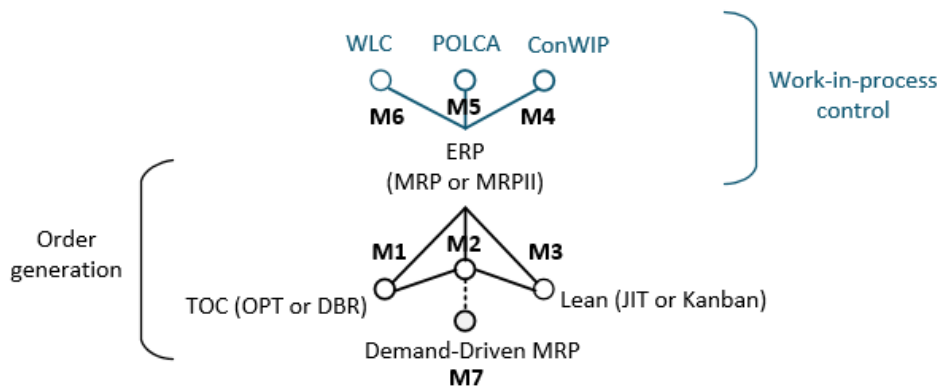


Figure 2.3 Types of hybrid and integrated methods

Once the methods are separated by purpose, they are further associated according to their core characteristics (e.g. ERP, MRPII and MRP). These methods are classified into seven hybrid or

integrated methods: MRP – TOC (M1), MRP – JIT – TOC (M2), MRP – JIT (M3), MRP – ConWIP (M4), MRP – POLCA (M5), MRP – WLC (M6) and DDMRP (M7). Most of them combine two methods, except M2 that combines three methods and M7 more than three methods. This classification is adopted throughout the rest of the paper.

2.3.2 Integrated and hybrid methods

The most studied integrated and hybrid method in the literature is MRP – JIT (51.9%), followed by demand-driven MRP (18.7%) and MRP – TOC (14.5%). Methods like MRP – ConWIP, MRP – POLCA and MRP – WLC that have only started to emerge over the last ten years (i.e. from 2010 to 2020), and have less research available (Figure 2.4).

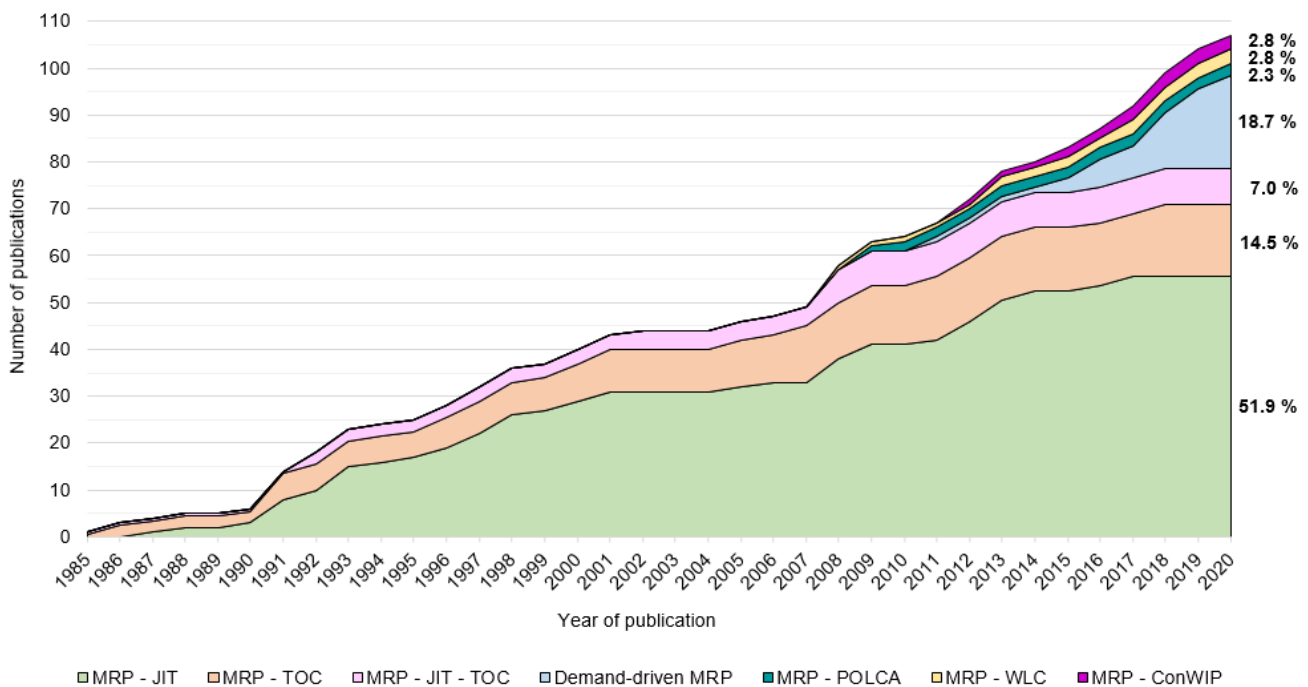


Figure 2.4 Distribution of selected publications according to the type of method

Most publications related to integrated and hybrid methods have been published between 1985 and 2009. The most recent publications (i.e. last five years) only represent 25%.

Table 2.3 summarizes the type of methodology employed by author for each type of hybrid and integrated method previously identified. Four main types of methodology have been established: conceptual (CO), case study (CS), mathematical approach (MA) and framework (FR). CO provides generalities about the method, whereas FR describes steps or stages to implement the method in

more detail. Review-type papers are distinguished with LR. CS evaluates the method in a synthetic or empirical scenario. MA develops mathematical expressions to compute facilitating the search for optimal solutions.

Among the diverse methodologies, case studies will allow us to analyze the manufacturing environment where the method has been evaluated based on empirical studies. Table 2.4 represents a detailed overview of case studies from Table 2.3, including the manufacturing environments and the benefits of integrated and hybrid methods. Most of the existing research does not consider any manufacturing environment criteria at all (Chan et Burns, 2002). Krajewski *et al.* (1987) introduced several criteria for this purpose and proved that some criteria have a more valuable impact on manufacturing efficiency, depending on the implemented method. Complex environments (e.g. the aeronautic industry) face difficulty when implementing a method for the manufacturing of a large-quantity-part product because of its bill of materials (BOM) levels (Polus et Weill, 1985). The identification of specific features of methods and their relative merits in different situations has helped link planning and control methods to the production environment in past comparisons (Olhager, 2013). Four characteristics were chosen from Krajewski *et al.* (1987) to define the manufacturing environment of case studies: the variety of products, the production volume, the type of order, and the number of BOM levels. Additionally, benefits are classified in five categories: throughput, inventory, lead time, customer satisfaction and others, which gathers benefits not related to any of the previously mentioned categories. These categories have been selected because they consistently appeared in the reviewed publications.

Finally, Table 2.5 introduces 15 identified types of industry where integrated or hybrid methods have been evaluated and provided benefits. Column R highlights the real cases.

This analysis contributes in identifying guidelines among existing case studies that may be replicated in similar scenarios to take advantage of obtained benefits from integrated and hybrid methods. Tables 2.3, 2.4 and 2.5 provide an overview of the state of art of integrated and hybrid methods in the last 35 years^{2,3}.

² Les références [xx] des Tables 2.3, 2.4 et 2.5 se trouvent dans l'Annexe B

³ Les différents *frameworks* sont décrits dans l'Annexe C

Table 2.3 Methodology classification of integrated and hybrid methods

Type	Method	Type of research			
		CO	CS	MA	FR
M1	MRP – TOC	[17] [18] [19] [20] [21] [7]-LR	[20] [22] [23] [24] [10] [25]	[22] [25]	[23] [10] [25]
	MRPII – TOC	[18] [26] [27]	[28] [10] [27]	-	[28] [10]
	ERP – TOC	[29] [30]	[29] [30] [31]	[31]	[29] [31]
M2	MRP – JIT – TOC	[17] [32] [23] [7]-LR	[33] [34]	[23]	[34]
	MRPII – JIT – TOC	[32] [33] [36]	[37]	[37]	[35] [36]
M3	MRP – JIT	[38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [4]-LR [45] [46] [47] [48]	[49] [50] [44] [51] [52] [53]	[50] [54] [52] [53]	[49] [38] [55] [41] [43] [44] [54] [51] [45] [46] [47] [52] [48]
	MRP – Kanban	[56] [57] [58] [59] [60] [61] [62]	[57] [55] [42] [58] [59] [63] [51] [52] [64] [65]	[66] [67] [68] [69] [70] [63] [61] [64] [52]	[49] [55] [41] [60] [61] [51] [62] [64] [47] [52] [65]
	MRPII – JIT	[71] [39] [40] [72] [73] [60] [74] [45] [46] [48]	[75] [76] [77]	[75] [76] [78] [77]	[40] [76] [78] [45] [46] [48]
	MRPII – Kanban	[56] [58] [46] [79]	[58] [76] [77] [79]	[76] [78] [77]	[76] [78] [46] [79]
	ERP – Lean	[80]-LR [81]-LR [82] [83] [84] [85]-LR [86]-LR [5] [87]	[88] [89] [82] [84] [5]	[90]	[88] [82] [89] [91] [5]
M4	MRP - ConWIP	[92] [93]-LR [94]-LR	[92]	-	-
M5	MRP – POLCA	[95] [96]-LR [84]	[95] [96] [84]	-	-
M6	MRP – WLC	[97] [98] [99]	[97] [99]	-	-
M7	Demand – Driven MRP	[100] [101] [102] [103] [104] [105] [2] [106]-LR [107] [108]-LR [109]	[110] [111] [112] [113] [114] [115] [105] [2] [116] [117] [107]	[102] [104] [116]	[100] [101] [103] [117] [118] [109]

Legend. CO - conceptual; CS - case studies; MA - mathematical; FR - framework; LR - literature review

Table 2.4 Identification of manufacturing environment characteristics and performance benefits of existing case studies

Type	Manufacturing environment				Benefits/Results	
	Variety	Volume	Type of order	BOM levels		
M1	two basic product lines [20] 25 products [22] more than 30 products [23] 575 types of bearings [24] 25 items of finished goods [25] very large variety [28] a specific part family [27] one leading product [31]	large [27]	From MTS to MTO [20] MTO [24] [10] MTS [29]	four [20] [28] four or five [22] two [24] complex [10] three to ten [25]	TP IV LT CV OT	Improvement of throughput [22] [29] Reduction of WIP [20] [29] or inventory [27] [30]-CS2 Increase of inventory turns [24] Reduction of production cycle [27] [31] Improvement of on-time/delivery shipping [20] [24] [29] Decrease in overtime [30]-CS1 Reduction of scrap/reject [20] [24] Increase of bottleneck capacity utilization [31] Better overall performance index [25] Reduction of direct labour [30]-CS1 Improvement of planning cycles, capacity utilization and product-mix planning [30]-CS2
M2	three types of product [34]	55 units/week [34]		four [34]	TP IV LT OT	Increase of throughput/output [33] [34] Possible reduction of inventory level [33] Decrease of queue length [33] Improvement of the setup process [37] Increase of bottleneck utilization rate [34] Improvement of operations scheduling [37]
M3	several products [49] one material (out of 18 - three types of end product) [53]			complex [49] more than two [50]	TP IV	Reduction of throughput time [44] Reduction of inventory/WIP [49] [44] [59] [65] [75] [82] without causing shortage [52] Increase of inventory turnover ratio [49]

Table 2.4 Identification of manufacturing environment characteristics and performance benefits of existing case studies (continuation)

Type	Manufacturing environment				Benefits/Results	
	Variety	Volume	Type of order	BOM levels		
M3	42 different varieties of parts [42] high (34 products type) [58] 500 different models [59] large product variety (more than 700 different part types) [63] one type (among 120) [64] wide variety of products [52] high [65] more than one hundred types of product [76] large number of end products (around 200) [77]	low [58] [65] highest (20% of total) [64] high (to identify class A items) [52]	assemble-to-order (MTS) [64] (MTS/MTO) [52] (before MTS) [65] MTS [75] MTO/MTS [82] assemble-to-order [84]-CS1/CS3	five [57] four [55] [63] one [59]	IV LT CV OT	Effective in inventory and shortages [57] Improvement on WIP [84]-CS3 Reduction of setup [63] and changeover times [44] Reduction of supplier lead time [44] [59] and production lead times [65] [79] [84]-CS3 Considerable improvement of lead time [52] Increase of customer service levels [65] Less order due date deviation [79] Increase of delivery performance [88] Reduction of the operating/production cost [50] [77] and the current cost [53] Reduction of obsolete scrap [44] Simplification of material flows [58] Visibility in bottlenecks identification [58] Increase of flexibility [59] [88] Reduction of emergency situations [59] Considerable availability improvement [52] Significant reduction in batch sizes [65] Increase of quality levels [65] Effective in sustaining output capacity [75] Support production management and decision process [76] Higher forecasting ability [79]

Table 2.4 Identification of manufacturing environment characteristics and performance benefits of existing case studies (continuation)

Type	Manufacturing environment				Benefits/Results	
	Variety	Volume	Type of order	BOM levels		
M3					OT	Improvement of the production planning [88] [82] Generation of reliable planning [82] Measurement of the production capacity [82]
M4			MTS/MTO [92]		TP IV OT	Increase of throughput [92] Reduction of WIP [92] Increase flexibility [92]
M5	high [95]: over 5 000 different part numbers (CS1)	1 500 orders/year [96]	MTO, ETO, highly customized [95]-CS2 custom-made [96] MTO/ETO [84]-CS2, MTS [84]-CS4		TP IV LT CV OT	Shorter throughput times [96] Reduction of stock and WIP inventories [95] Reduction of lead times [95] [96] [84]-CS2 Reduction of the delivery time variability (lateness and earliness) [95]-CS2 Improvement in on-time delivery [95]-CS3 Better visual control [95]-CS1 Better view of the orders progress [96] Elimination of unneeded overproduction [95]- CS2 Reduction of bottlenecks [95]-CS3 Simplification of schedulers tasks [95]-CS2 and shop floor tasks [95]-CS3 Better communication [95]-CS2 Increase of employee satisfaction and productivity per employee [96]

Table 2.4 Identification of manufacturing environment characteristics and performance benefits of existing case studies (continuation)

Type	Manufacturing environment				Benefits/Results	
	Variety	Volume	Type of order	BOM levels		
M6	high (several thousand end products) [99]		MTO [97]-CS1, ETO [97]-CS2 MTS [99]		TP	No decrease of the production system output [99]
					LT	Reduction of average lead time [99] Significant reduction of lead time variation [99]
					CV	Slight increase in service level [99]
					OT	Valuable support in the decision making [99]
M7	28 products (out of 5 200) [110] six references [111] [112] three parent parts of total unknown (one part became top-demand product) [113] one product [114] three types of end products [105] 579 references (including components) [115] nine finished products [117] six end products [2] 40 types of products [107]	3 000 units/week [111] [112] 1 000 units/week [107]	MTS [112]	four [111] [112] [2] five [113] [107]	IV	Reduction of high and low inventory alerts [110] Reduction of stockouts [110] [116] No stockout condition [113] Less WIP and stocks (less WC) [111] [112] Improvement of the inventory level [113] Reduction of inventory level [114] [116] Significant decrease of the on-hand inventory [115] [107] Increase of inventory turnover [115]
					LT	Reduction of lead time [113]
					CV	Better on-time delivery [105] [2] No reduction of service level [115] Improvement of customer satisfaction [107]
					OT	Stable and efficient when facing variabilities [112] [2] Increase of visibility [115] and workload [117]

Legend. MTS - make-to-stock; MTO - make-to-order; ETO - engineer-to-order; TP - throughput; IV - inventory; LT - lead times; CV - customer service; OT - other; WIP - work-in-process; WC - working capital

Table 2.5 Industry categorization of integrated and hybrid methods

Industry	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	R	References
Aeronautical								✓	A navy helicopter service division [30]
								✓	Aerospace tube shop production [77]
									A precision engineering sub-contractor for aerospace, defense and automotive industries [97]-CS1
Agricultural								✓	A metallurgical company that produces agricultural machines [82]
								✓	A producer of agricultural machinery [65]
									Agricultural machinery manufacturer [84]-CS1
									A capital goods producer, mainly conveyor belts for agricultural purposes [97]-CS2
Automotive									A small supplier of automotive components [28]
								✓	A bearing manufacturing company [24]
								✓	Automobile steering wheels and gearshift knobs [25]
									Parts for use in field vehicle [42]
								✓	Weather strips for cars from various recipes of rubber [59]
								✓	Assembly plant of parts for the automotive industry [63]
								✓	A vehicle manufacturing company [51]
									An automotive tier-1 supplier job shop [79]
								✓	An automotive manufacturer [53]
									An automotive industry [113]
Electronics									A specific integrated circuit in a microelectronics plant [23]
								✓	Copper-laminated boards and multilayers raw materials in a multinational printed circuit board manufacturing company [44]
									An electronics plant that assembles industrial programmable controllers [55]
								✓	Manufacturing and service supplier within electronics and electronics development [89] [5]
								✓	System supplier of integrated electronic and mechatronic equipment [84]-CS3

Table 2.5 Industry categorization of integrated and hybrid methods (continuation)

Industry	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	R	References
Fashion									A large crystal manufacturer for the fashion industry [99]
Food								✓	Processed products [29]
Industrial machinery									High precision metal tubes [22]
									A steel fabricator job shop [20]
								✓	A foundry [37]
								✓	Squirrel-cage motor production line [50]
									An enclosed motor protection equipment utilizing sheet metal [64]
								✓	A micromotor producer [52]
								✓	Custom-made hinges [84]-CS2
									Machined parts (CS1), motor control centers (CS2), and aluminum extrusions (CS3) [95]
								✓	Hinges for industrial applications [96]
									Speed reducers [111] [112] [2]
Locksmith									A fictional wound rotor motor manufacturer [107]
								✓	A leader company that started as a padlock manufacturer [115]
Plastics									A manufacturing plant in the sanitary branch of plastics industry [92]
Printing								✓	A manufacturing printing ink company [110]
Refinery									Refinery production process [76]
Ship									High-power marine engines [10]
Telecommunications								✓	Circuit pack manufacturing [49]
Toys									A fictional toy factory that produces dolls, cars and planes [34]
Transport or handling systems								✓	A high-tech enterprise which its leading product is coal crane [31]
								✓	Step ladders and scaffolding equipment [84]-CS4

Legend. R - real; CS - case study

2.4 Discussion of results

2.4.1 Origins and current state of integrated and hybrid methods

The purpose of hybrid and integrated methods has been to improve the performance of simple methods which lead to an overall better performance, especially of push-type methods. Certainly, every identified method has been integrated or combined with MRP, MRPII or ERP because they remain the most adopted methods – information systems – available in the global market.

The hybrid MRP – TOC method has been proposed as a solution to the scheduling difficulties faced with MRP. The methods MRP – ConWIP, MRP – POLCA and MRP – WLC have been implemented to improve the order release mechanism of MRP. Sometimes, MRP - JIT has been proposed as a solution to overcome implementation issues related to capacity planning, shop floor scheduling and inventory management.

Despite the importance of these methods, the process of integration or combination has been rarely detailed, such as MRP – JIT. The existing research remains general. It is limited to propose the combination of the principles of a method into another already operating. The lack of understanding of this process may prevent the adoption of these methods in practice and therefore, lead to confusion about its definition.

Most of the research describes generalities about hybrid and integrated methods. Fewer than 23% of reviewed publications propose a mathematical approach like linear programming, Markov chains or genetic algorithms for hybrid or integrated methods. Only 39% of publications describe the framework of a hybrid or integrated method and almost 50% applies a case study to evaluate the performance of these methods. However, the literature mostly covers one type of method: MRP – JIT (51.9%). The less studied methods are MRP – ConWIP, MRP – POLCA and MRP – WLC, which barely reach 3% individually. In fact, no mathematical approach nor framework has been yet proposed for these methods. Additional types of methodologies including artificial intelligence-based should be contemplated.

The four types of methodologies have been combined providing interesting results, especially when combining FR and CS. The validation of frameworks is mainly based on case studies. If the results of the case study are favourable, as shown in Table 2.4, then it is validated and successful. Half these frameworks have not been evaluated in a case study.

2.4.2 Implementation of methods

Most of the hybrid and integrated approaches do not provide a detailed framework to facilitate its implementation in any type of industry. This may be the main reason why the interest in some methods did not continue over time. Understanding the details about the implementation represent a crucial element of success

Many decisions that influence the performance must often be made by the user (e.g. the determination of parameters in DDMRP). Therefore, the success of the implementation is subjective to the expertise, interpretation or judgement of the user and influences the overall performance.

Even when an implementation framework is available, researchers often preferred to develop their own version of the integration. For example, there are at least 20 different proposed frameworks of MRP – JIT. Only two authors have proposed improvements from existing hybrid methods. The main question remains why there are so many available methods with similar purpose, and what has prevented them from being widely adopted by industry.

2.4.3 Empirical studies and manufacturing environment

Almost half (49.5%) of the selected publications have implemented a case study to evaluate the performance of an integrated or hybrid method. 42.9% of case studies are from real, applied scenarios.

MRP – JIT is the most analyzed hybrid in different manufacturing environments according to the four identified characteristics, followed by MRP – TOC and demand-driven MRP (Table 2.4). The obtained benefits from MRP – TOC and demand-driven MRP are mostly in the categories of inventory and customer satisfaction, whereas from MRP – JIT is in the categories of inventory and lead time. Also, Table 2.4 demonstrates that the identified categories of benefits are dependent between them, which means that benefits in three categories simultaneously are possible by only implementing a hybrid or integrated method. The existing studies have not compared integrated and hybrid methods under similar and different conditions yet. More research is needed in this direction to identify particularities of each method.

81.1% of these case studies have been in a specific industry. 15 specific industries have been identified in Table 2.5. The most analyzed have been in industrial machinery (28.5%), automotive

(23.2%) and electronics (12.2%) industries. Nevertheless, the methods MRP – ConWIP and MRP – POLCA have not been adopted in these industries. This means that the seven types of integrated and hybrid methods have not been evaluated in the same specific industry yet. Only five types of methods have been analyzed in the industrial machinery industry. MRP – JIT and MRP – TOC have been evaluated in seven different industries, while MRP – ConWIP in a single industry.

When identifying the four criteria chosen from the case study to describe the manufacturing environment or the type of industry where the method was implemented, many were not clarified and sometimes no details were given in the literature. The results of Tables 2.4 and 2.5 cannot be generalized because the number of studies per hybrid or integrated method is limited. It is necessary to analyze more of the performance of MRP – JIT – TOC, MRP – POLCA, MRP – WLC and MRP – ConWIP. However, these results give us some insight into the applicability, usefulness and relevance of hybrid and integrated methods for similar manufacturing environments.

The identification of characteristics of the manufacturing environment is important because it gives the community tools to replicate the benefits under similar conditions. These benefits include reduction of work-in-process or inventory, and improvement of customer service by means of reduction of lead time or increase of throughput. They are always the same when implementing integrated and hybrid methods.

2.5 Applicability of hybrid and integrated methods

A collection of hybrid and integrated methods has been developed to underline the characteristics of manufacturing environments in which the reviewed methods have been more efficient according to the existing literature. Table 2.6 summarizes the applicability of methods based on findings from Table 2.4. Four characteristics define the manufacturing environment, which have specific categories widely adopted in the literature. The volume and variety of the product can be high or low; the type of order can also be make-to-stock (MTS) or make-to-order (MTO). The type of BOM can be simple, intermediate or complex, or if it is specified, the exact number of levels. In this case, we include the end product in the BOM levels.

Table 2.6 Manufacturing planning and control methods collection

Type	Name of hybrid or integrated method	Variety		Volume		Type of order		Type of BOM			Number of levels
		H (High)	L (Low)	H (High)	L (Low)	MTS	MTO	S (Simple)	M (Intermediate)	C (Complex)	
M1	MRP – TOC										3 to 10
M2	MRP – JIT – TOC										4
M3	MRP – JIT										2 to 5
M4	MRP – ConWIP										
M5	MRP – POLCA										
M6	MRP – WLC										
M7	Demand-Driven MRP										5

The highlighted cases indicate the characteristics of the environment where the method is recommended. Users should identify at least one characteristic that constitute their environment before utilizing Table 2.6. By doing so, we simplified the complicated task of identifying characteristics that we have acknowledged from Table 2.4. However, it is strongly encouraged to identify the four characteristics. In some scenarios, more than one hybrid method can be applicable according to the manufacturing environment. No hybrid nor integrated approach is suitable for every manufacturing environment. This collection has not been presented by pre-defined environments because it allows us to cover more types of environments that are not necessarily defined in the literature.

2.6 Conclusion and future research directions

This paper presented an exploratory review of integrated and hybrid methods between 1985 and 2020. They should not be considered as only alternative strategies for companies, but rather requirements to thrive in an ever changing manufacturing environment. The authors identified one

integrated and six hybrids methods. Two combine or integrate more than two methods. MRP – JIT, demand-driven MRP and MRP – TOC have been the most studied in literature. The research of hybrid methods like MRP – ConWIP, MRP - POLCA and MRP - WLC is still preliminary and limited.

These methods were conceived to improve the performance in terms of stocks and customer satisfaction, but have not been implemented as anticipated. Additionally, the lack of detailed frameworks for their application may be the reason why so many researchers develop their own interpretation of each method. In some cases, many hybrid methods adopted in the manufacturing industry do not even have a framework (e.g. MRP – ConWIP, MRP – POLCA and MRP – WLC). There is thus a need to investigate their implementation and the challenges faced by users.

The authors developed a knowledge collection (Table 2.6) summarizing the manufacturing characteristics of integrated and hybrid methods based on the findings of empirical studies that can be useful for practitioners and researchers. However, the information on the type of manufacturing environments analyzed in the existing literature is limited. The characteristics that are not highlighted represent a potential research gap. A survey to collect precise information concerning the manufacturing environment would be beneficial in identifying the applicability of hybrid and integrated methods in practice. The presented collection represents a support tool for selecting methods in a given manufacturing environment. It should be further developed to take advantage of the numerous existing methods. Therefore, a decision-making framework is needed. Future research should focus on analyzing and evaluating an adjustable method that encompasses all manufacturing environments through comparison of existing integrated and hybrid methods. The place and impact of integrated and hybrid methods in the new era of manufacturing should also be assessed. The integration of concepts of Industry 4.0 such as the Internet of Things (IoT), Cloud Manufacturing, Big Data and Analytics into these methods is considered a must. This integration provides smart capabilities of real-time, visibility, digitalization that promise significant performance improvements in terms of flexibility, lead time, customer satisfaction and inventory (Bueno et al., 2020).

CHAPITRE 3 ARTICLE 2 : APPLICABILITY OF DEMAND-DRIVEN MRP IN A COMPLEX MANUFACTURING ENVIRONMENT

Angela Patricia Velasco Acosta, Christian Mascle and Pierre Baptiste

L'article 2 a été soumis en janvier 2019, accepté et publié en ligne en août 2019 dans *International Journal of Production Research* (DOI: 10.1080/00207543.2019.1650978)

Abstract

Push and pull methods have been adopted for specific volume production and uncertainty scenarios in order to plan and control production. The further development of hybrid or integrated methods allows benefit to be drawn from opposing approaches. The literature concerning Demand-Driven Material Requirements Planning (DDMRP) proves its superiority under conditions of internal and external uncertainty for high-volume production compared to the most implemented push method (manufacturing requirements planning MRPII). Companies that have adopted this method, manufacture on average 10 to 15 parts per product, with 2 or 3 levels of bills of materials. In this paper, we evaluate the applicability of DDMRP in a complex manufacturing environment (e.g. products of 4 levels of bill of materials) in terms of customer satisfaction and stock levels. Buffered and non-buffered items clustered in seven types of decoupling structures contributed to this complexity. We developed a DDMRP model for planning and execution purposes, which was simulated in ARENA's discrete events software. We analyzed the model's on-hand stock and delayed orders. DDMRP works effectively under the manufacturing conditions considered. It is found to prevent inventory stockouts and overstocks, reduce lead time by 41% and reduce stock levels by 18%. The success of this method; however, depends on strategic positioning of the buffers.

3.1 Introduction

For more than three decades, researchers have studied several ways to enhance production planning, focusing on the management of demand uncertainty (Esmaeilian et al., 2016). However, the manufacturing environment has not been thoroughly considered as an influential factor in a

company's performance (Chan et Burns, 2002). Only Jonsson and Mattsson (2003) have surveyed a few Swedish companies that consider the importance of this aspect.

As the method Kanban has been developed specifically for Toyota's automotive manufacturing industry, most approaches have never been analyzed to verify whether their principles are applicable to any other manufacturing industry. For example, Kanban's deployment has proved that this approach does not perform well in make-to-order environments, which are characterized by low volumes and high variety (Crute et al., 2003 ; M. Stevenson et al., 2005). Production volume and variety are among the most studied features of the manufacturing environment, however there are other factors providing higher impact on manufacturing performance (Krajewski et al., 1987).

The purpose of this article is to analyze whether Demand-Driven MRP (DDMRP), which combines the best of selected existing approaches in production planning and control, is applicable to a complex manufacturing environment. This complexity encompasses the difficulties encountered in companies that need to handle many parts to manufacture their products. This involves the manufacturing and management of buffered and non-buffered products that characterizes this method. The article is an extended research work from a conference paper (Velasco Acosta et al., 2017).

3.2 Production planning and control

Since the 1970s, Material Requirements Planning (MRP) has been the most adopted approach in practice. It properly determines the components as well as the parts needed to satisfy the requirements of a product. MRP answers the following questions: What are we going to produce, what do we need to produce, what do we have, and what is missing? (Ptak et Smith, 2011 ; W. J. Stevenson et Benedetti, 2012). MRP's main function is to transfer the Master Production Schedule (MPS) into the components of material needs and the orders to satisfy production. It also defines the order's priority and the capacity needed to produce (Orlicky, 1975). However, MRP was designed for a typical 1970s manufacturing company; it has not changed since.

The emergence of approaches such as Just-in-Time (JIT) and Theory of Constraints (TOC) result from a need to adapt to evolving manufacturing environments. To compete in today's market, manufacturers have to increase the number of orders delivered on schedule, reduce inventories, and reduce lead times simultaneously (S. Kumar et Meade, 2002). This has led to the development

of two particular manufacturing issues. The first is called the “Bullwhip effect”, which boosts industries’ complex chain and facilitates the accumulation and amplification of variability both upstream and downstream. The second issue is the nervousness of the MRP system. This results in any modification of top-level orders causing a serious change in terms of time and quantity to low-level orders in what is supposed to be a static system (Cox et Blackstone, 2008).

Hybrid or integrated approaches have been created, combining the best attributes of each system. A hybrid approach is defined as any combination, integration or mix of existing approaches. For example, the integration of Just-in-Time and MRP enables better customer service (e.g. an order delivered on time) and stock level reduction (Benton et Shin, 1998). The following are the most studied hybrid approaches: the integration of MRP and JIT (Ho et Chang, 2001 ; C. Y. Lee, 1993), Lean principles and ERP (Powell, Alfnes, et al., 2013 ; Powell, Clegg, et al., 2013 ; Powell, Riezebos, et al., 2013), MRP, JIT and TOC (M. Gupta et Snyder, 2009), and ERP and TOC (Umble et al., 2001). Recently, demand-driven MRP that combines MRP logic, the Theory of Constraints, some Lean principles and distribution resource planning (i.e. DRP) has entered this category. The main principle of this approach is to protect and promote the flow of materials and information. Its purpose is to connect material and supply availability with actual customer orders through the product bill of materials. To achieve this goal, it is necessary to address five steps (Appendix 3.1) developed by Ptak and Smith (2016).

Since 2011, Demand-Driven MRP has experienced an increase in implementation, especially in France, Colombia and the United States. Bahu *et al.* (2019) identified three possible reasons why companies have implemented this method: inheritance of TOC method, satisfying results shown from European companies and proven visibility and simple management. However, the results and lessons learned from its implementation are not readily available for analysis or discussion. The number of existing scientific articles about the approach is limited. Ihme and Stratton (2015) evaluated the approach in a printing ink manufacturing company; Miclo *et al.* (2015, 2016) compared DDMRP and MRPII in different variability scenarios; Jiang and Rim (2016) developed a genetic algorithm to determine the optimal buffer positioning; Shofa and Widyarto (2017) compared DDMRP and MRP in an automotive industry. More recently, Kortabarria *et al.* (2018) presented the first results of a real company implementation. Baptiste (2018) has also analyzed the impact of a complex bill of materials on DDMRP’s scheduling. The level of complexity in

production resources planning is proportional to the number of levels of bill of materials (BOM). A simple product structure has two to three levels of BOM (the end product represents level 0).

A summary of available data from existing case studies is presented in Table 3.1. The available case studies from Demand-Driven Institute, created by DDMRP's authors were not considered in this analysis to avoid subjectivity. Eight aspects from the manufacturing environment were analyzed. The selected aspects are important features of DDMRP. When comparing the manufacturing environments, differences in terms of production volume, decoupled lead times and levels of BOM are significant. In many cases, the strategic buffer positioning remains unknown ("Number of buffers", Table 3.1). Additionally, the only studies that describe the position of buffers, selected those from the highest level of BOM (level 0) implying higher stocking costs ("ADU", Table 3.1). These differences demonstrate existing gaps in terms of DDMRP's applicability in manufacturing environments. In the following sections, the proposed complex manufacturing environment will be presented.

Table 3.1 Manufacturing environments studied

Aspects	<i>Ihme (2015)</i>	<i>Miclo et al. (2016)^a</i>	<i>Shofa and Widyarto (2017)</i>	<i>Kortabarria et al. (2018)</i>
ADU (units)	10	162.1	203	4500 – 5450 (in total)
DLT (days)	15.5	4.6	3	1 - 2
Number of BOM levels	-	2	4	-
PF variety (units)	28 (of 5200)	6	3 of X ^b	579 references
Number of components	-	10	40	
Buffer criteria selection	LT	Cost	DLT	Inventory of Goods
Number of buffers	-	14 (6 end products)	3 end products	-
Weekly MPS	639.14	3000	2000	-

a. Extended work in Miclo *et al.* (2019).

b. Total unknown - including one item of high demand.

3.3 Methodology

The research design (Figure 3.1) adopted to fulfill the purpose of this paper has four sequential stages. First, we generated a database with the necessary information proper to a complex manufacturing environment, including a description of Factory X, the actual demand, the type of products, the bill of materials, the production routing of each item, and the number of available resources. We subsequently defined and adjusted DDMRP's planning parameters in order to have a more complex manufacturing environment; this included decoupling points, profiles and buffer levels. In the third stage, we simulated the model using ARENA, a discrete event systems software. The simulation was completed for a 48-week operating year. In the last stage of the study, the results obtained from the simulation of DDMRP's behaviour were analyzed in terms of stock levels and customer satisfaction. Feedback between the results and DDMRP parameters is fundamental in order to achieve a better performance. Parameters are considered to play a crucial role in the model.

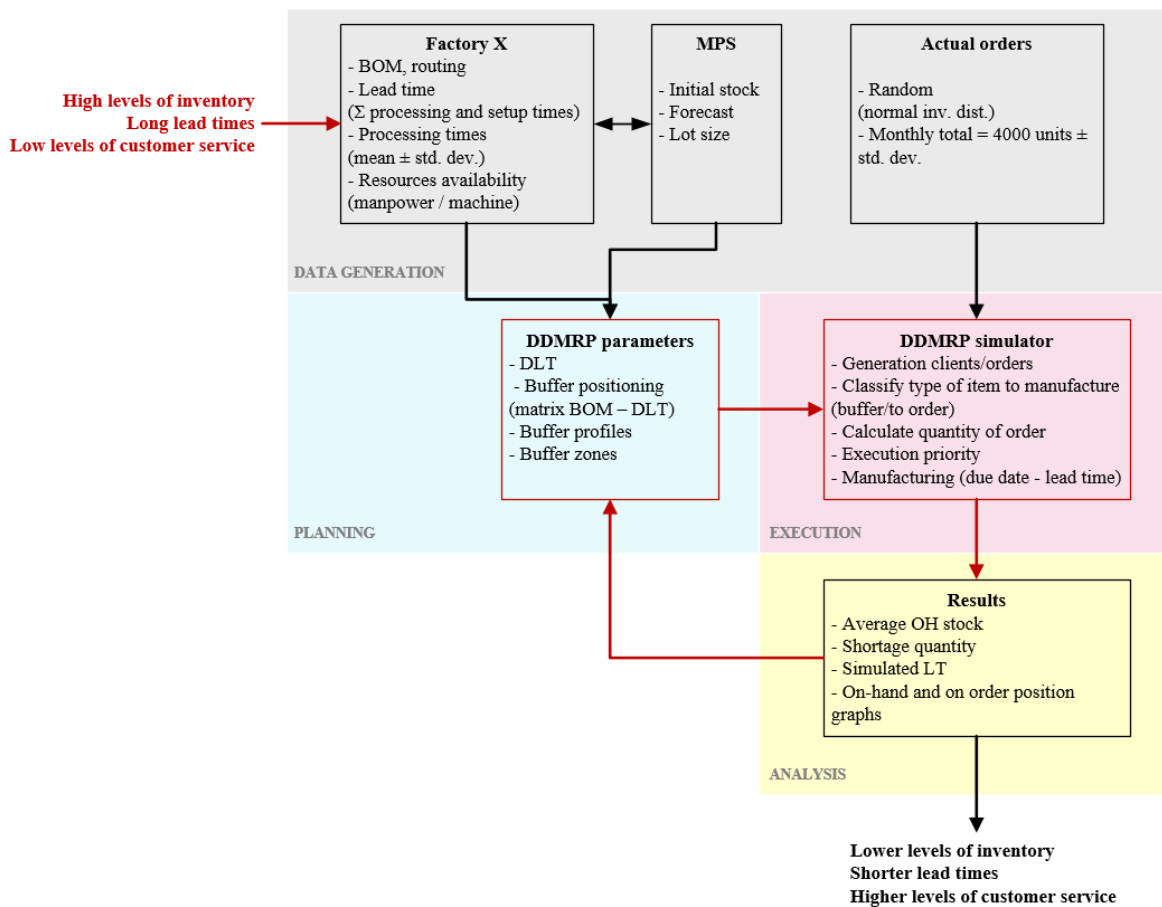


Figure 3.1 Research methodology

3.3.1 Data generation

Factory X is a fictional company generated with features of a complex manufacturing environment in terms of BOM levels and buffer positioning. The chosen product (PF) has four levels (Figure 3.2) to analyze the impact of its production complexity on DDMRP. Indexes *jj* and *jjj* represent a specific number of product or component that has two or three digits accordingly.

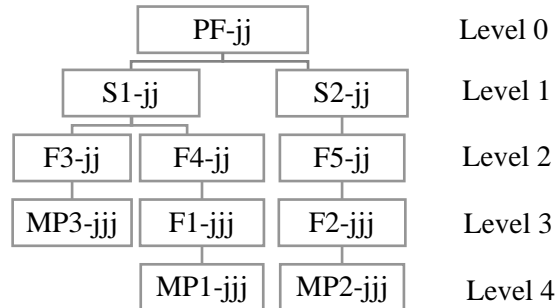


Figure 3.2 Product PF-*jj* structure

Factory X manufactures 40 different types of products PF with 83 different components: 20 types of S1, 8 types of S2, 20 types of F3, 4 types of F4, 8 types of component F5, 5 types of MP3, 4 types of F1, 8 types of F2, 4 types of MP1 and 2 types of MP2. The cumulative lead time is between 24 and 26 days which included set-up times and processing times. The rate of availability of the 23 operating machines varies between 78% and 84%. The MPS was calculated to cope with a demand of 4000 PF products per month with a standard deviation of 1333 units. The initial stock for buffer items was fixed randomly between the green and the yellow zones, which are calculated in Section 3.3.2. All the data was prepared in a spreadsheet that will be linked to the discrete event simulation software.

3.3.2 DDMRP parameters settings

The first parameter to define is the strategic positioning of buffers. Since Factory X's main concern is reducing its lead time, DLT was chosen as the critical factor of positioning. The matrix BOM-DLT was developed to have visibility over all parent-child relations and strategically position buffers. We selected all raw materials as buffer positions because their inventory cost is cheaper than any other part of the product's structure. Next, buffers were placed where the DLT reached its

target. Initially, we positioned 28 buffers among the 123 possible positions (Scenario 1 from Table 3.2) (Velasco Acosta et al., 2017). However, the results obtained were not encouraging in terms of customer satisfaction. In this study, we included another factor – the number of decoupling structures, which has not been analyzed in the literature yet. This represents the combination of buffered and non-buffered items in product structures. We identified two other scenarios in Table 3.2 that were expected to provide better performance.

Table 3.2 Choices of buffer positioning

Scenarios	1	2	3
DLT (days)	10	13	7
Number of buffers	28	39	37
Number of decoupling structures	2	3	7

As we explored shorter lead times, the number of buffers increased. This does not mean that results will always improve with an increasing number of buffers. Scenario 2 has more buffers than Scenario 1, but its DLT is longer. Comparing the DLT, the number of buffers, and the decoupling structures, Scenario 3 represents a more complex manufacturing environment. Figure 3.3 illustrates seven types of decoupling structures for product PF. NB stands for non-buffered items and B, buffered. Among the 40 PF products of the study, 20 have structure “g”, 8 structure “d”, 4 structure “f”, 3 structure “e”, 2 structure “a”, 2 structure “b” and 1 structure “c”, while Scenario 1 has 35 PF products of one type of structure and 5 of the other type. Our analysis is focused on items that are buffered – buffered (Kanban type (Figure 3.3(c)), and non-buffered in one (NB-B (Figure 3.3(d))), two (NB-NB-B (Figure 3.3(e))) and three (NB-NB-NB (Figure 3.3(b))) consecutive levels from Scenario 3.

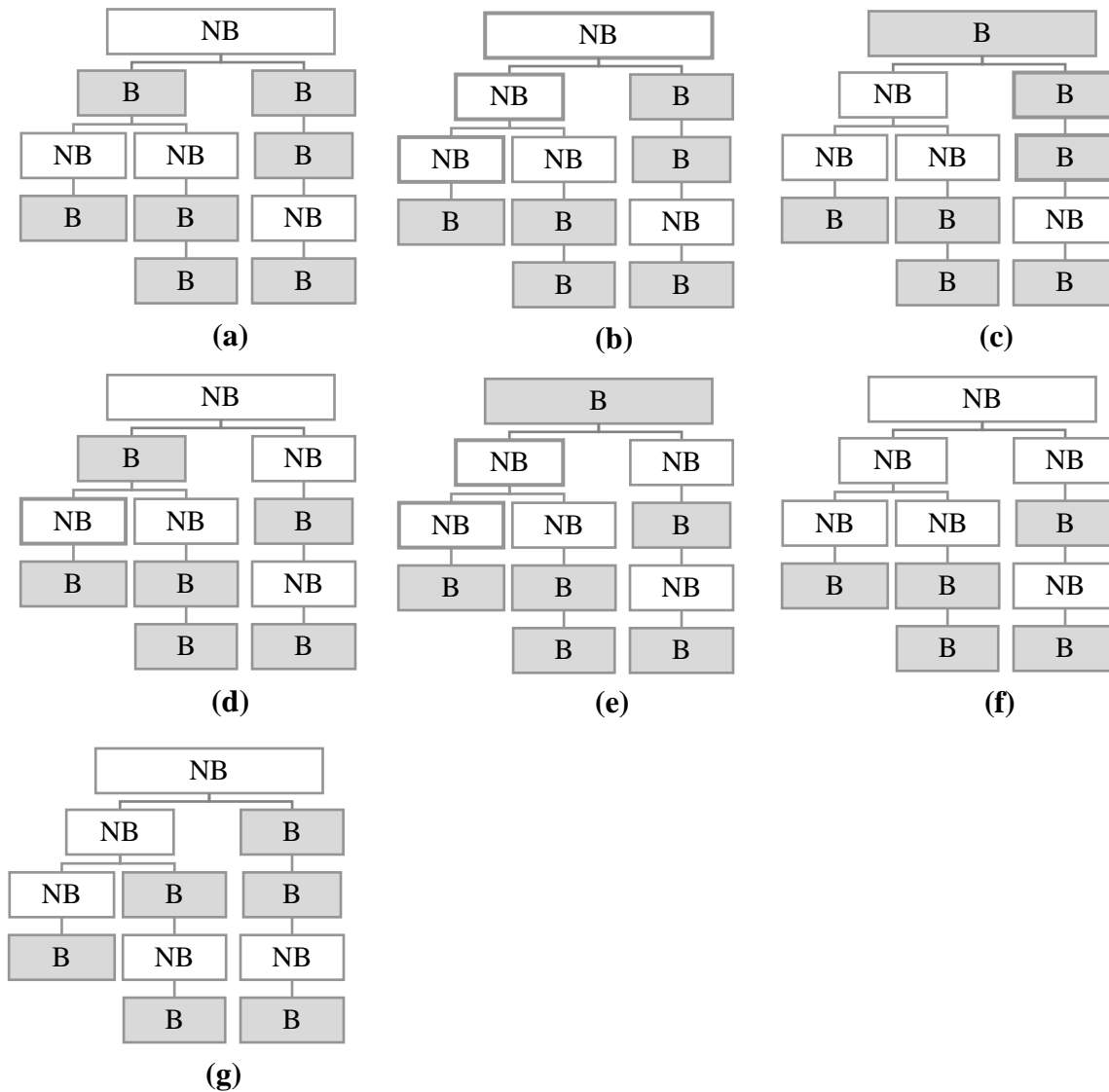


Figure 3.3 Types of decoupling structures

At this point, the 37 buffers have been classified into six profiles (MML, IML, MSH, PLL, PML, PMH), depending on the type of item, the lead time (LT) and the variability. The percentage for each category was determined randomly. The calculated buffer zones are described in Appendix 3.2. The average on-hand target (AVG OH Target) is equal to the sum of the red base zone and half of the green zone. This indicator will be a reference point for our results analysis.

As a result, the proposed complex manufacturing environment is presented in Table 3.3. Compared to existing environments presented in Section 3.2, this environment has to manage lower volume of production, more buffers and more components parts.

Table 3.3 Factory X's manufacturing environment

Aspects	<i>Proposed</i>
ADU (units)	max 6
	average 5
	min 4
DLT (days)	max 6.7
	average 4.4
	min 0.3
Number of BOM levels	4
PF variety (units)	40
Number of components	83
Buffer criteria selection	DLT
Number of buffers	37 (4 end products)
Weekly MPS	1000

3.3.3 DDMRP execution

Discrete events simulation is the tool recommended when a system becomes more uncertain, dynamic, and complex. ARENA is the most employed software for flow-chart modelling in industry. Once DDMRP's parameters have been defined, the simulated DDMRP model (Figure 3.4) processes two types of items – buffered and non-buffered – differently.

A supply order for the PF-jj product's actual demand is generated each period. Buffered items are replenished only when their net flow position is under their TOY. Otherwise, their stock is consumed. Non-buffered items are manufactured as in a make-to-order environment. Priority in manufacturing is given to orders from buffered items with a net flow position in the red safety zone of the corresponding period, which have been assigned a stockout alert. When there is no stockout alert in a manufacturing station, priority is given according to the FIFO (first arrived first served) rule. Figure 3.4 is one of the first published framework based on Ptak and Smith's method.

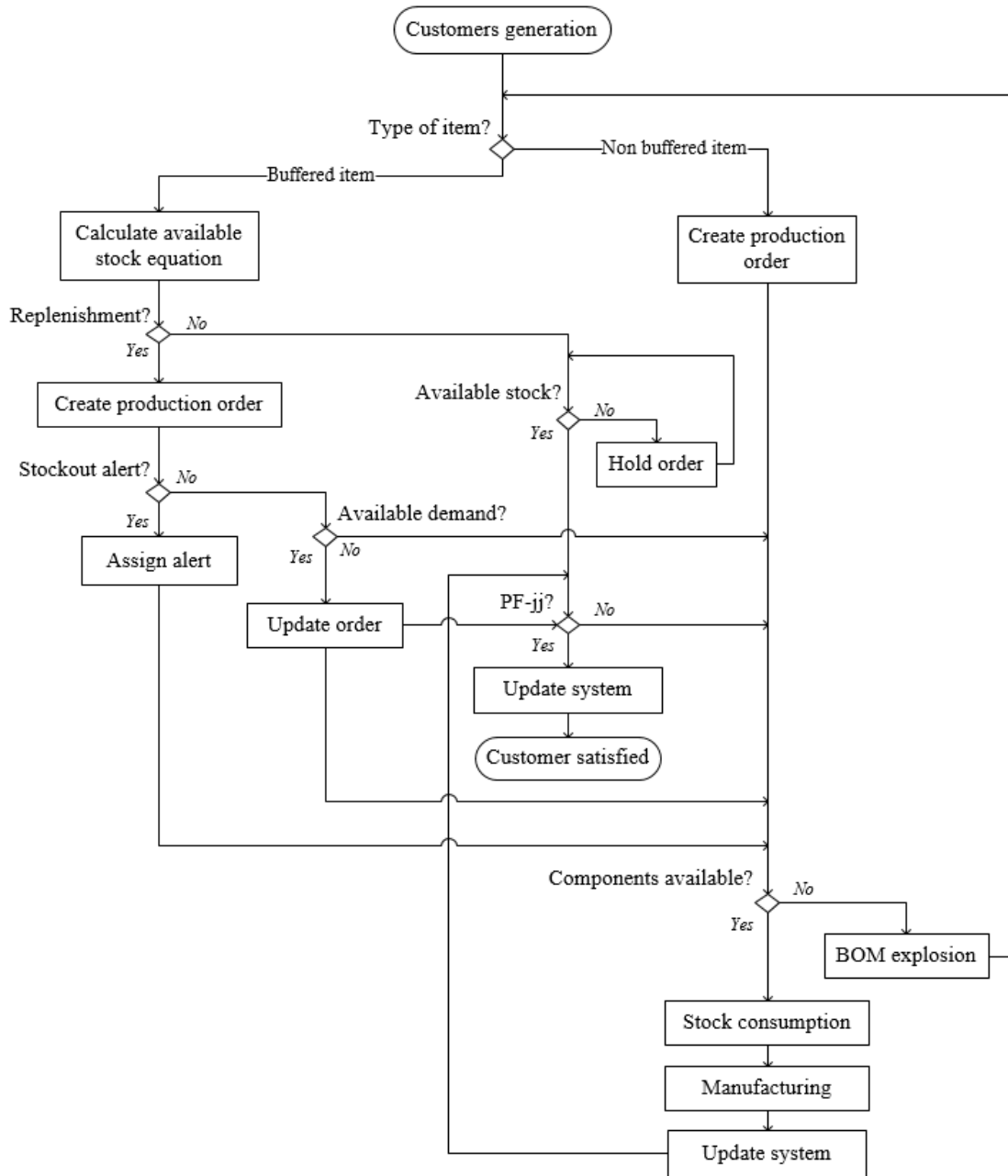


Figure 3.4 DDMRP model: Demand-Driven planning

3.4 Results

The performance of the Demand-Driven MRP model for Factory X was evaluated according to the following indicators:

- On-hand stock average
- Lead time of products

These indicators can be classified in two categories: stock levels and customer service satisfaction, both of which are major concerns for manufacturing management.

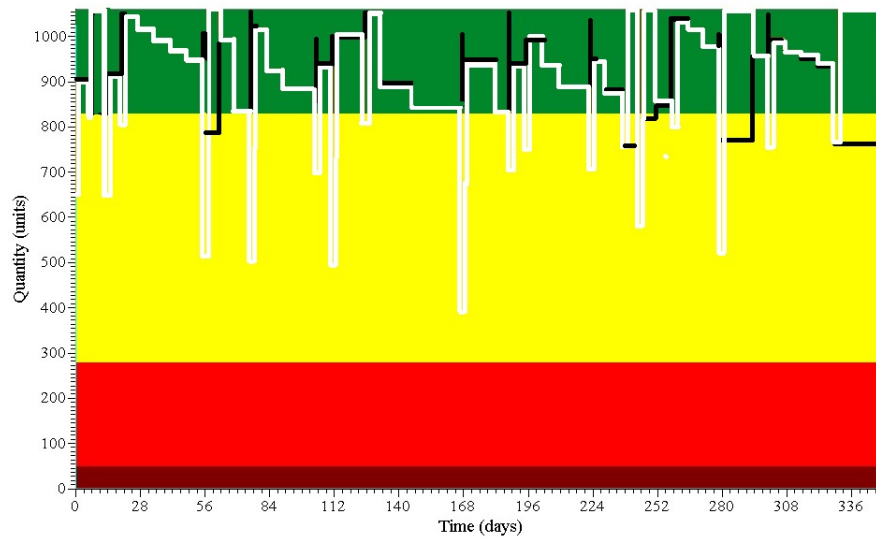
3.4.1 Stock level

11% of orders did not become an actual order. The company started operating with 26641 on-hand units. The on-hand stock is distributed among 37 buffered items. During its operating year, this indicator decreased to 21731 units on average. The targeted on-hand average is 11656 units, meaning that 46% can still be reduced from on-hand inventory. Nevertheless, our purpose is to analyze the behaviour of buffers and not to obtain the optimal scenario in terms of stock reduction.

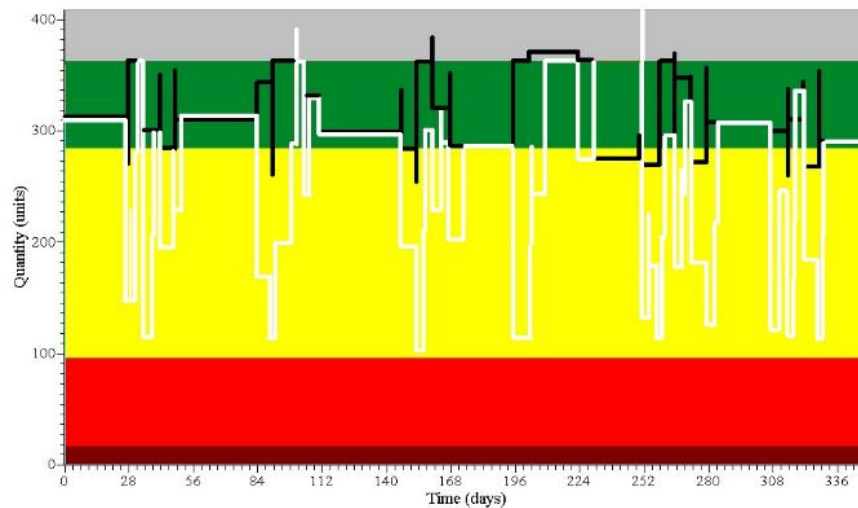
The stacked area chart is DDMRP's representative tool, which facilitates the analysis of buffers. It provides visibility of the net flow position (black line) and the on-hand position (white line). Whenever the on-hand position is situated in the red safety zone, a stockout alert is launched. If the net flow position is situated in the green zone simultaneously, it means that orders are in production and will be completed soon. Planners should understand that alerts can be a simple request for follow-up or an action to undertake as a result of unforeseen events or qualified demand spikes. Any repetitive on-hand position in the stockout alert zone was considered a critical item. These items were identified (F4-92 and MP2-123) and their buffers adjusted by including an ADU factor of 2.7 and 1.5 respectively. This factor was defined by error and trial. Before the adjustment, the tool illustrated at least six orders of item F4-92 with possibility of stockout. Its most critical alert was equal to an order of 200 units, which is considered significant because of the operating manufacturing environment (i.e. low production volume).

As Demand-Driven MRP deals with two types of items: buffered and non-buffered, we selected specific buffers with particular characteristics (e.g. Kanban type, and NB-B type from Figure 3.3) to analyze their behaviour. DDMRP manages several types of products according to their needs. Some components may be pure Kanban (B-B), while others are mixed with non-buffered items (NB-B). Figure 3.5 illustrates one item from level 1 and another from level 2, both operating as Kanban type. Their on-hand position is kept between their yellow and green zone, which means there is no stockout. An unusual observation is the net flow position situated below the on-hand position. This happens when the on-hand stock has reached the buffer's TOG. Concerning NB-B type, Figure 3.6 illustrates the buffer position of two items from level 2. The behaviour of item F4-91 is similar to that of the Kanban type. Item F5-93 has typical MRP behaviour; there is no

overlapping of net flow and on-hand stock. The net flow position is above the on-hand position when a customer order is satisfied and a new order is immediately generated. This unusual behaviour should be considered as a proper attribute of the DDMRP approach when one level of the BOM is non-buffered and the one above is buffered. For products with more than two consecutive non-buffered items, it is not possible to analyze their behaviour through the stacked area chart tool because they are not buffers (Figure 3.3(b), 3.3(f) and 3.3(g)).

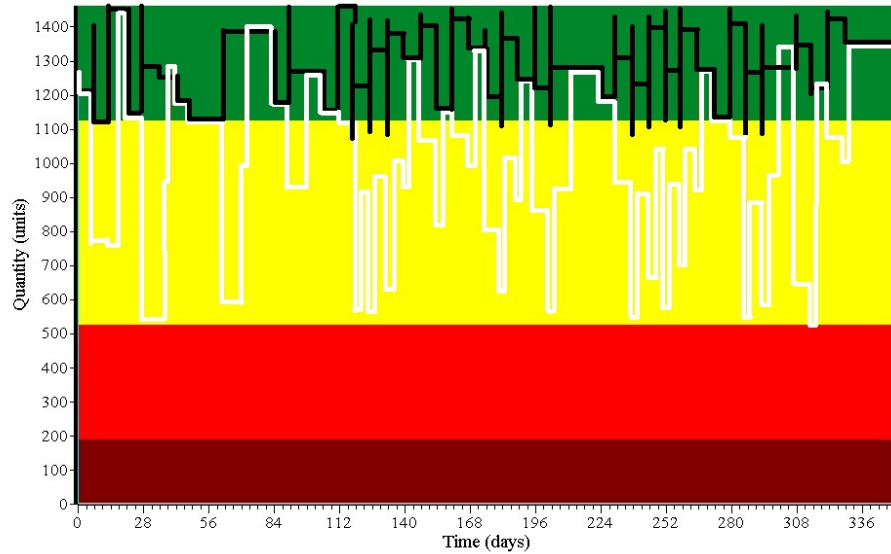


(a)

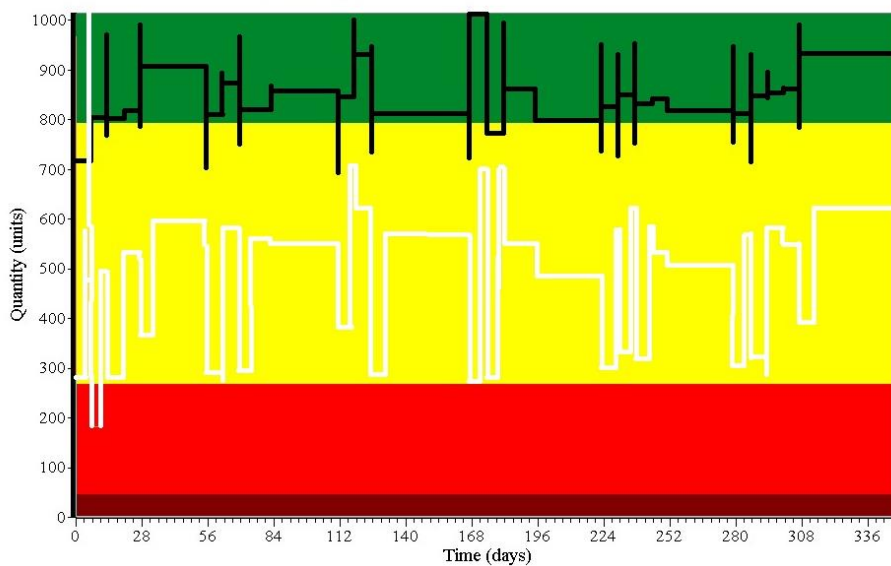


(b)

Figure 3.5 Buffer position of items (a) F1-107 and (b) S2-65



(a)



(b)

Figure 3.6 Buffer position of items (a) F4-91 and (b) F5-93

3.4.2 Customer satisfaction

The indicator employed to measure customer satisfaction is the actual lead time. Customers will not be satisfied if their order is late (i.e. when the average lead time is longer than the planned due date). For each end product, the planned due date is the calculated DLT, and the actual lead time

is the simulated time from the generation of orders until the product is manufactured. Table 3.4 summarizes the results obtained from this analysis.

Products PF-jj in column “40 PF-jj” cluster the average of the 40 types without differentiating buffered and non-buffered items. The actual average lead time of Factory X, after adopting the DDMRP model, is approximately 2.6 days. Factory X benefits from a 41% reduction in lead time. Still, this is not the customer’s expected time. Customers will receive their orders 1.7 days before than anticipated in average. The results obtained satisfy the targeted DLT of 7 days. If we analyze the lead times according to the type of item, buffered items are manufactured 4.7 days in advance and non-buffered, 4.1 days in advance.

Table 3.4 Comparison of actual lead time and planned due date for end products (in days)

	Products PF-jj		
	40 PF-jj	Buffered (4 PF-jj)	Non-buffered (36 PF-jj)
Actual lead time	2.6	2.0	2.7
Planned due date	4.4	6.7	1.4
Delay/In advance	1.7	4.7	4.1

Non-buffered items were analyzed individually (Table 3.5) in order to observe whether the decoupling structure had an effect on the lead time. We clustered products by decoupling structure according to Figure 3.3. The column “Level” indicates the number of non-buffered levels until a decoupling point is reached. As the number of non-buffered levels increases, the planned delay time becomes longer. The model results gave shorter lead times than expected. An interesting remark is the fact that for the same level of decoupling structure (i.e. 3.3(b) and 3.3(f)), results are not similar. There is a significant difference in their actual lead times. As well, if we compare different levels of decoupling structure (i.e. 3.3(d) and 3.3(f)), their results are quite similar. However, it is expected a shorter decoupling structure 3.3(d). Overall, the results are satisfactory for such environment.

Table 3.5 Non-buffered items results

Decoupling structure	Level	Part #	Planned due date	Actual lead time
3.3(a)	1	PF-16	0.3	0.4
		PF-18		
3.3(d)	2	PF-01	5.3	5.5
		PF-02	5.3	4.5
		PF-05	5.2	5.4
		PF-06	5.8	5.7
		PF-07	5.8	5.4
		PF-10	5.7	5.7
		PF-11	6.3	5.8
		PF-13	6.3	5.8
3.3(b)	3	PF-17	6.4	1.6
		PF-20	6.3	1.1
3.3(f)	3	PF-03	6.5	5.4
		PF-08	6.5	5.9
		PF-12	6.4	7.4
		PF-15	6.3	5.9

When assessing DDMRP according to the two mentioned indicators, it is possible to assert that this method can be applicable in the complex manufacturing environment studied. The approach has reduced stock levels, given visibility of stockouts and improved customer's satisfaction for different decoupling structures with more than one consecutive non-buffered level.

3.5 Conclusion and perspectives

Demand-Driven MRP is a remarkable milestone in material requirements planning since Orlicky's MRP. The approach includes a planning system managed by actual demand and a visible execution system that allows planners to react in real time.

Many aspects of DDMRP are subjective and depend on the planner's judgement, such as the strategic positioning of buffers, the choice of LT percentage and variability percentage, buffer profiles, and the frequency of dynamic buffer re-adjustment.

The study evaluated the applicability of DDMRP in a complex manufacturing environment, within an industry that manufactures seven types of decoupling structures. The model provided a real visibility of overstock and stockout alerts from the buffers of Scenario 3 (37 buffers). In this study,

DDMRP demonstrated that it can manage Kanban type items as well as items with one to three consecutive non-buffered levels. According to the type of decoupling structure, the on-hand position, the net flow position and actual lead times are different. Overall, customer satisfaction level was improved by 41%, and the average on-hand stock was reduced by 18%. The results obtained in this study demonstrate that DDMRP can perform in this type of manufacturing environment. The analysis of scenarios studied highlight the importance of strategic buffer positioning and its effect on manufacturing performance within DDMRP. Strategic buffer positioning plays a crucial role in DDMRP's performance.

Before adopting this approach in a more complex manufacturing environment (e.g. aerospace industry where the average quantity of components is approximately a million), there are some remarks that should be considered. We analyzed several scenarios in order to determine the more advantageous positioning of buffers; for a more complex environment, this process could take a significant amount of time. The choice of the positioning factor can also play an important role. Future research will have to analyze the impact on DDMRP's performance on every choice left to the judgement of planners. These choices include the critical positioning factor, LT percentage and the variability percentage.

Based on the findings of this study, further investigation into the performance of DDMRP in complex manufacturing environments is predicted to yield improved methodologies leading to higher overall performance. Future analysis including the impact of buffer's carrying costs would also be highly beneficial in maximizing the efficiency of the process. DDMRP can also be compared to others methods (Grubbström et Wang, 2003) that manage the same type of complexity in order to reduce stock levels and improve customer satisfaction.

Acknowledgements

The authors would like to thank the anonymous reviewers for their helpful comments and suggestions. We would like to thank Professor Christian Mascle (†) for his interest and collaboration in this work, as well as his continuous guidance and encouragement given to Angela's research during the past few years. He certainly will be missed and remembered.

Appendix 3.1 DDMRP's steps

The first step consists of the strategic positioning of buffers. Decoupling is the unique way to mitigate or eliminate variability among the dependent parts of the system (Ptak et Smith, 2016). DDMRP proposes a list of six critical factors of positioning. Planners must decide which factors are in accordance with the company's objectives and operational rules. Decoupled lead time (DLT) is the most frequently adopted factor. It is defined as the longest cumulative coupled lead time chain in a manufactured item's product structure (Ptak et Smith, 2016).

Buffer profiles and levels are set and calculated during the second step. Profile settings are determined according to three specific factors: the type of item (purchased *P*, manufactured *M*, distributed *D*, or intermediate *I*), the lead time (long *L*, medium *M* or short *S*), and the variability (low *L*, medium *M*, or high *H*). For each buffer profile, the planner selects a percentage from Ptak and Smith's range (2016) for lead time and variability factors. Once every decoupling point has been classified into a buffer profile, the planner calculates two individual part attributes: the average daily usage (ADU), and the DLT. These factors enable determination of each buffer zone. The buffer levels or zones refer to the quantity of stock needed on every selected strategic decoupling point. Three buffer zones are distinguished: red (i.e. an item near stockout requires special attention), yellow (i.e. an item should be manufactured or replenished) and green (i.e. no action is required). There are also two additional zones: dark red and light grey, which represent the stockout and the overstock zones, respectively. Ptak and Smith (2016) provide equations to facilitate the calculation of the buffer zones (i.e. green, yellow, red base and red safety zones). The coloured zones determine planning and execution priorities, visualizing the entire system. This is one of the main features of the approach and reflects the power of the solution proposed by Ptak and Smith (2016).

The conditions that are used to classify the decoupling points into specific profiles and to calculate individual attributes change with time. The third step, known as dynamic buffers, prioritizes buffer modifications over time. This is an indication of the company's adaptation to dynamic environments.

Demand-driven planning incorporates innovative planning rules for buffered and non-buffered items in order to give unprecedented visibility to planners. The generation of replenishment orders of buffered items is based on the following net flow position equation.

$$\text{Net flow position} = \text{on order} + \text{on stock} - \text{qualified order demand} \quad (4.1)$$

where *on stock* is the stock physically available, *on order* is the quantity of stock that has been ordered but not received and *qualified order demand* is the quantity of actual orders (Ptak et Smith, 2016). The net flow position dictates whether a replenishment order will be generated against the buffered position. If the position is below the upper limit of the yellow zone (top of yellow; TOY), then a replenishment order is generated that is equal to the quantity needed to place the net flow position at the upper limit of the green zone (top of green; TOG). For non-buffered items, the supply order is equal to the actual demand. The date of execution is determined by applying the back-scheduling technique.

The final step is the execution of the system that integrates all types of items in order to improve the communication of information and priorities throughout companies and their supply chain. DDMRP handles two categories of alerts: buffer and synchronisation. The position of the physical stock launches a buffer alert, whereas due dates manage synchronisation alerts for non-buffered items.

Appendix 3.2 Buffers from levels 0, 1, 2, 3 and 4.

	Level 0				Level 1									
	PF-04	PF-09	PF-14	PF-19	S1-41	S1-42	S1-45	S1-46	S1-48	S2-64	S2-65	S2-66	S2-67	S2-68
ADU (units)	6	5	4	4	41	25	5	35	17	43	25	27	13	14
DLT (days)	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7	6.6	7.5	8.3	8.5	9.4
Buffer profile	MML	MML	MML	MML	IML	IML	IML	IML	IML	IML	IML	IML	IML	IML
LT (%)	56	56	56	56	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Variability (%)	29	29	29	29	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
TOG	85	72	59	57	537	318	67	458	216	541	363	425	210	248
TOY	64	54	45	43	420	249	53	358	169	423	284	332	165	194
TOR	27	23	19	18	142	84	18	121	57	143	96	112	55	65
AVG OH Target	37	32	26	25	200	119	25	171	80	201	135	158	78	92

Appendix 3.2 Buffers from levels 0, 1, 2, 3 and 4 (continuation)

Part #	Level 2									
	F4-91	F4-92	F5-93	F5-94	F5-95	F5-96	F5-97	F5-98	F5-99	F5-100
<i>ADU</i> (units)	52	72	52	50	41	43	25	27	13	14
<i>DLT</i> (days)	11.6	11.8	10.1	9.4	8.2	10.1	9.0	9.9	7.4	8.2
Buffer profile	MML	MSH	IML	IML	IML	IML	IML	IML	IML	IML
LT (%)	56	81	42	42	42	42	42	42	42	42
Variability (%)	29	100	21	21	21	21	21	21	21	21
TOG	1460	2782	1013	916	651	831	433	511	184	219
TOY	1124	2094	793	716	510	650	339	400	144	171
TOR	524	1245	267	241	172	219	114	135	49	58
AVG OH Target	692	1589	377	341	243	309	161	190	69	81

Part #	Level 3							Level 4					
	MP3-101	MP3-102	MP3-103	MP3-104	MP3-105	F1-106	F1-107	MP1-118	MP1-119	MP1-120	MP1-121	MP2-122	MP2-123
<i>ADU</i> (units)	108	65	54	26	13	103	84	103	84	52	27	131	200
<i>DLT</i> (days)	8.0	11.0	7.0	6.0	12.0	6.7	6.6	7.0	5.0	9.0	4.0	10.0	8.0
Buffer profile	PLL	PLL	PLL	PLL	PLL	IML	IML	PLL	PLL	PLL	PLL	PML	PMH
LT (%)	27	27	27	27	27	42	42	27	27	27	27	58	53
Variability (%)	32	32	32	32	32	21	21	32	32	32	32	22	95
TOG	1401	1154	616	249	249	1325	1058	1168	679	758	176	3000	4102
TOY	1168	962	513	208	208	1036	828	974	567	632	146	2240	3254
TOR	307	253	135	55	55	349	279	256	149	166	38	928	1654
AVG OH Target	423	349	186	75	75	494	394	353	205	229	53	1308	2078

CHAPITRE 4 ARTICLE 3 : A FRAMEWORK FOR SELECTING MANUFACTURING PLANNING AND CONTROL METHODS – A DESCRIPTIVE RESEARCH

Angela Patricia Velasco Acosta, Olivier Kerbrat, Sofiane Achiche and Pierre Baptiste

L'article 3 a été soumis au *Journal of Manufacturing Systems* en novembre 2020.

Abstract

More than 20 planning and control methods have appeared in the last 30 years with the same purpose (e.g. stocks reduction and customer satisfaction improvement), but each has been studied only in specific environments. Consequently, companies have struggled to evaluate if the selected method is the most compatible with their needs and manufacturing environment. This paper aims to provide guidelines to facilitate the selection of methods suited to the manufacturing environment. The three-step proposed selection process includes a compatibility analysis based on matching relevant parameters between existing methods and the manufacturing environment. It provides a ranked list of methods. Valuable information from experts, collected through a survey, is utilized to develop this unique process. A case study is also presented to illustrate the application of the developed selection process. Integrated and hybrid methods are strongly favored. The findings remain descriptive as the participation of experts in the field is limited, but they provide useful insight for both researchers and practitioners.

4.1 Introduction

Companies must remain competitive in many areas. Therefore, they must plan and control their operations accordingly (Olhager, 2013 ; M. Stevenson et al., 2005). Effective systems can enable production to deliver the right products at the right time with a controlled cost (Jaegler et al., 2017). The total cost of manufacturing typically includes the holding cost for finished goods and work in process inventories, penalty costs for failing to punctually satisfy customer demand, and raw material costs (J. Liu et al., 2011). In this context, achieving reduction of stocks and improvement of customer satisfaction have always been relevant in manufacturing.

Companies often inadvertently implement manufacturing planning and control methods that are inappropriate for them. In their selection process, a step-by-step procedure is not used (Jonsson et Mattsson, 2006). The choice of an appropriate method is an important success factor (Hassan et Kajiwara, 2013 ; Tyagi et al., 2013). In the last 35 years, more than 20 planning and control methods, including simple, hybrid and integrated methods, have been proposed to provide the same type of support (Jonsson et Mattsson, 2006): reduce stocks and improve customer satisfaction. However, methods differ in their applicability to different environments (Jonsson, 2008 ; Jonsson et Mattsson, 2006 ; Spenhoff et al., 2014). This is because each has been designed for a specific manufacturing environment (Tyagi et al., 2013). The manufacturing environment has been described according to several aspects or variables, including customer, product, manufacturing process (Jonsson et Mattsson, 2003 ; Olhager et Wikner, 2000 ; Spenhoff et al., 2014).

It is important to understand the type of environment a method is more suitable for in order to choose the most adequate system (Bagni et al., 2021 ; González-R et al., 2012).

This research paper aims to provide guidelines for selecting a method given a specific manufacturing environment. The chosen method must reduce stocks and improve customer satisfaction. These guidelines will facilitate the decision-making process by providing mechanisms or rules for an environment through the anticipation of the future performance of methods, including the combination and integration of methods, and the product nature.

First, a literature review of existing processes and the importance of the environment for selection in manufacturing is presented. Second, the methodology adopted is introduced. Next, the proposed three-step selection framework is developed. The characteristics of the manufacturing environment in which each method is effective has been collected through a survey. Finally, the selection framework is applied to a synthetic case study company. This is followed by an analysis of parameters to monitor the robustness of the proposed solutions.

4.2 Literature review

Process of selecting methods

Decisions have to be made regularly in every aspect of manufacturing (e.g. choice of suppliers, machine tool, manufacturing process, etc.). Table 4.1 summarizes identified selection issues and techniques related to manufacturing planning and control, found in journals and conference

proceedings between 2010 and 2020. Most adopt a combination of multi-criteria decision-making techniques: artificial intelligence-based techniques (e.g. fuzzy logic, neural network and genetic algorithms); analytical techniques (e.g. hierarchy processes, mathematical programming, DEA); simulation-based techniques (e.g. heuristic methods, Monte Carlo techniques) or conceptual techniques (e.g. survey).

Table 4.1 Summary of existing selection techniques related to manufacturing planning and control issues

Categories	Selection issue	Approach/technique
Production, inventory and resource planning	ERP systems	AHP (Kłos et Trebiina, 2014 ; Zielsdorff et al., 2010) TODIM (Kazancoglu et Burmaoglu, 2013) Fuzzy logic (Hegazy et al., 2012)
	Criteria for ERP systems	AHP and fuzzy methodology (Méxas et al., 2013)
	Customization choice of ERP	Fuzzy AHP (Sarfaraz et al., 2012)
	ERP outsourcing alternatives	AHP under fuzziness (Kahraman et al., 2010)
	ERP knowledge transfer strategy	ANP, TOPSIS, MCGM (Cahyadi, 2019)
	APS software	Fuzzy QFD, AHP and VIKOR (Piengang et al., 2019)
	Capacity allocation plan	FANP, FDM, constraint programming and BOCR (Kang, 2011)
	Capacity software	AHP (Maram et al., 2019)
	Re-order policies	AHP (Lolli et al., 2017)
Production control	Strategy	Network theory and simulation (Khojasteh et Sato, 2015) DES, GA, LHS experimental design, stochastic dominance testing (Olaitan et Geraghty, 2013) AHP and eigenvector method (S. Sharma et Agrawal, 2010)
	Pull strategy settings	Simulation and Pareto frontier (Onyeocha et al., 2015)
	Scheduling assessment methods	Metacriterion and Pareto analysis (Kalinowski et al., 2016)
	Dispatching rules	DEA (Ahmed et al., 2015) Cross efficiency and DEA (Gavgani et al., 2017) NN (Mouelhi-Chibani et Pierreval, 2010) Decision tree, simulation, data mining, SPC (Metan et al., 2010) GPR (Heger et al., 2015)
	Order	KAP-SE heuristic algorithm (S. Huang et al., 2011)

Legend. ERP - Enterprise resource planning; AHP - Analytic hierarchy process; TODIM - Interactive and multi-criteria decision-making; ANP - Analytic network process; TOPSIS - Technique for order preference by similarity to ideal solution, MCGM - Multiple Criteria Goal Programming; APS - Advanced planning schedule; QFD - Quality function deployment; VIKOR - ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje; FANP - Fuzzy analytic network process; FDM - Fuzzy Delphi method; BOCR – benefits, opportunities, costs and risks; DES - Discrete event simulation; GA - genetic algorithm; LHS – Latin hypercube sampling; DEA - Data envelopment analysis; NN - Neural network; SPC - statistical process control; GPR - Gaussian process regression; KAP-SE - KAP-based sub-tour elimination.

From a production planning perspective, literature focuses on selecting ERP (enterprise resource planning) systems based solely on software features because it can be an expensive mistake. However, it is an ill-informed decision (M. Stevenson et al., 2005). From a production control perspective, findings provide guidelines to evaluate at most three systems strategies and select one: Kanban, CONWIP (constant work-in-process) and Base-stock in a multi stage production process (Khojasteh et Sato, 2015); Kanban-like strategies (i.e. KCS, EKCS, BSCS, GKCS, and shared versions of EKCS and GKCS) (Olaitan et Geraghty, 2013); and Kanban, ConWIP, and hybrid (Gaury et al., 2000 ; S. Sharma et Agrawal, 2010). The choice of production control strategies depends on the configuration of the production system (Gaury et al., 2000 ; Khojasteh et Sato, 2015 ; Olaitan et Geraghty, 2013), and on the hierarchy being used for the selected criteria (S. Sharma et Agrawal, 2010). Nevertheless, many methods have emerged in the last years, especially hybrid and integrated methods, which have been excluded from existing studies. These methods combine or integrate respectively the best attributes of at least two existing production planning and control methods (Velasco Acosta et al., s.d.).

Choosing appropriate manufacturing planning and control methods is vital for staying competitive in manufacturing (Jaegler et al., 2017 ; Zäpfel et Missbauer, 1993) and making strategic decisions (Olhager et Wikner, 2000 ; M. Stevenson et al., 2005), but it has not been studied extensively.

A survey conducted by Jonsson and Mattson (2002, 2006) revealed three main selection drivers applied in practice for selecting a method: it was available in the ERP or MRPII (manufacturing requirements planning) system; the selected method has always been used or the reason of selection was unknown; and the selection was based on analysis and assessment. Fifteen years later, these

reasons remain valid. No further detail has been reported about them. Decision-making tools for better selection in a given context still constitute a real operational need (Jaegler et al., 2017).

Matching methods with manufacturing environment

The production planning and control system must be compatible with the manufacturing environment (Olhager et Wikner, 2000). Selection of the most suitable manufacturing planning and control methods is mainly dependent on the individual conditions of the company (Jonsson et Mattsson, 2003 ; M. Stevenson et al., 2005 ; Tyagi et al., 2013). Those should include characteristic features of the planning and control process (Schonsleben, 2000).

However, not all features are relevant. The most important aspects of the environment should be identified (Olhager et Wikner, 2000). These have been introduced and described differently according to: customer, product and process aspects (Olhager et Wikner, 2000); the product structure orientation and production frequency or procurement order repetition (Schonsleben, 2000); the actual product, demand and manufacturing process variables (Jonsson et Mattsson, 2003 ; Spenhoff et al., 2014); and customization, shop configuration and company size (M. Stevenson et al., 2005).

Jonsson and Mattsson (2003) were the first to analyze the conceptual and empirical suitability of 15 manufacturing planning and control methods. They classified these in detailed material planning methods, capacity planning methods and shop floor control methods, into four generic environments: complex customer order production, configure-to-order products, batch production of standardized products and repetitive mass production. Each environment has been described based on seven characteristics (i.e. product bill of materials' complexity, degree of value added at order entry, volume or frequency, production process, shop floor layout, batch sizes and throughput times), which are considered to be critical from a planning and control perspective (Jonsson et Mattsson, 2003). The conceptual matching is based on logical assumption classified as a strong match, poor match and mismatch, whereas the empirical matching evaluates the rate of satisfaction and dissatisfaction of respondents according to their experience with the methods. Continuing along this direction, Spenhoff *et al.* (2014) analyzed and evaluated the fit of MRP (material requirements planning), ROP (reorder point), cyclic planning, Kanban, and Heijunka to a specific environment: the part manufacturing environment. Likewise, Stevenson *et al.* (2005) developed a selection matrix for the make-to-order sector, including methods such as ConWIP, ERP, Kanban,

POLCA (paired cell overlapping loops cards with authorization), TOC (theory of constraints) and WLC (work load control). Nevertheless, these studies remain exploratory.

There is still a research gap on how to match methods and environments (Jonsson et Mattsson, 2003 ; Spenhoff et al., 2016). Not every company will fit into one of the existing pre-defined or specific environment and in some cases, more than one method will be compatible. Furthermore, it is important to verify the suitability of methods that emerged in order to increase the chance of success (Bagni et al., 2021), more precisely hybrid and integrated methods. This study will adopt bill of materials' complexity, product variety, volume and demand type as characteristics to match the manufacturing environment and methods, including hybrid and integrated.

Performance of methods

Since the manufacturing environment affects the ability of methods to work properly (Jonsson, 2008), methods need to be fully understood to ensure a good fit between the method and the environment (Olhager et Wikner, 2000). The performance of methods can vary depending on the different values of the parameters used (González-R et al., 2012). Parameters are mostly determined based on judgment and experience (Jonsson et Mattsson, 2002). The results of a survey (Jonsson et Mattsson, 2006) indicated that the knowledge of planning and control is low in industry. The performance of methods is partly a result of whether appropriate methods are chosen and whether they are correctly used (Jonsson, 2008 ; Jonsson et Mattsson, 2006).

The precise selection of the most suitable methods for a specific manufacturing environment is often a complex task for even the most experienced managers (Ferencíková, 2011) and requires more research effort and feedback from real implementation in industry (González-R et al., 2012 ; M. Stevenson et al., 2005).

4.3 Methodology

To accomplish the aim of this paper, which is to provide guidelines for the selection of the most appropriate manufacturing planning and control methods, this research follows the methodology in Figure 4.1. First, existing manufacturing methods (i.e. integrated, hybrid and simple methods), and manufacturing environment characteristics that have a significant impact on performance in terms of stock levels and customer satisfaction are identified. Next, a survey has been distributed to researchers and practitioners in the field to understand the characteristics in which existing

manufacturing methods excels. This has not been widely reported in the literature yet. Based on the findings of the survey, the authors are able to match the characteristics of these methods to specific profiles and rank them according to compatibility points, which describes the framework. Finally, a synthetic case study is presented to test and verify the developed selection framework.

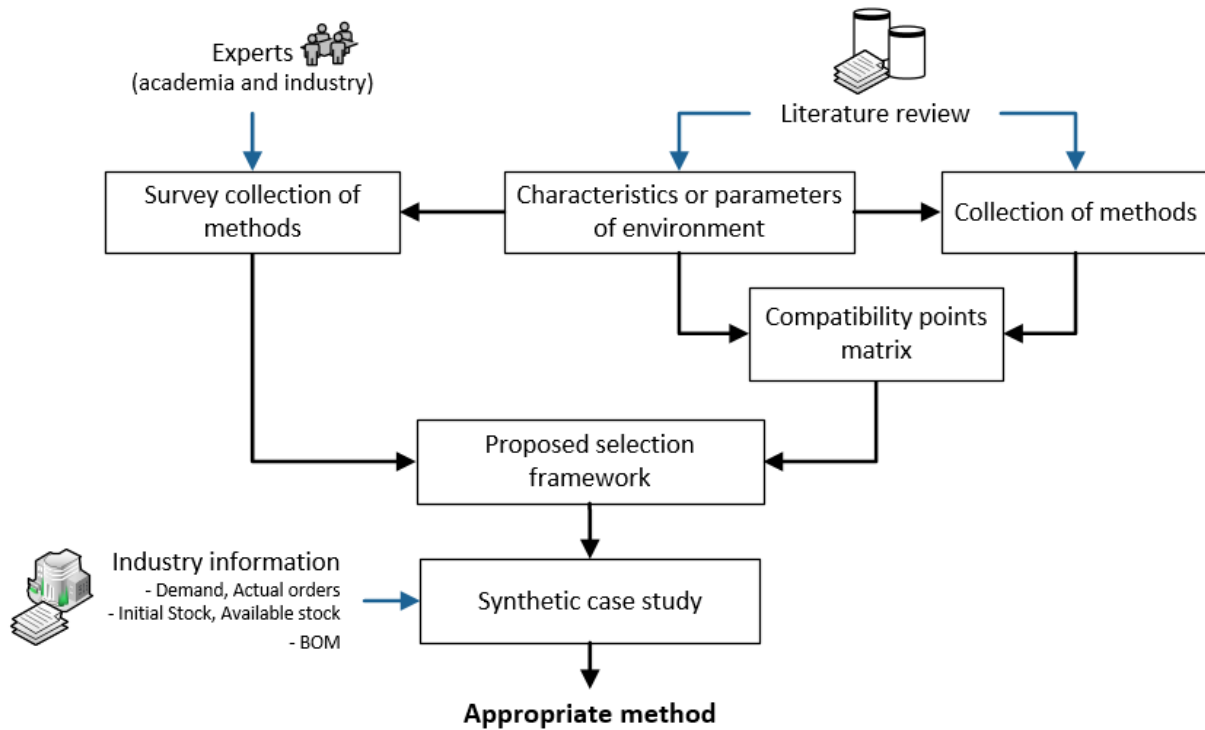


Figure 4.1 Overview of the research methodology

4.3.1 Existing methods and environment characteristics

Many manufacturing planning and control methods were designed with different purposes whether it is an integrated, hybrid method, or not. Initially, 23 methods were identified from the literature review in Velasco Acosta *et al.* (s.d.) that contributed to reducing stocks and improving customer satisfaction. Also, four manufacturing characteristics were selected from the literature to describe the manufacturing environment based on their impact on the performance and their ability to emphasize complexity.

Prior to matching characteristics between the method and the manufacturing environment, which method is most relevant for a given manufacturing environment needs to be clarified. For this reason, the expertise of researchers and practitioners is essential.

The screening of methods should be effectuated only once, unless a new method (simple, hybrid or integrated) is developed, then it should be added to the collection of methods.

4.3.2 Survey collection of methods

4.3.2.1 Survey design

The purpose of the survey is to collect information about characteristics of production systems from experts, in order to create a collection of methods based on this information.

An online survey designed using Lime Survey was launched in January 2020, after being approved by the Research Ethics Board. It was available to respondents for up to three months. 122 participants were invited via email to identify the manufacturing characteristics for which each method they were familiar with had performed its best, as well as the usefulness of methods. The four manufacturing characteristics collected were: product variety (VAR), production volume (VOL), type of order (ORD) and levels of bill of materials (BOM). Each characteristic had pre-defined options: high (H), low (L) or both (H-L) for VAR and VOL; make-to-stock (MTS), make-to-order (MTO) or both (MTS-MTO) for ORD; and simple (S), intermediate (M), complex (C), simple and intermediate (S-M), intermediate and complex (M-C) or simple, intermediate and complex (S-M-C) for BOM. The survey⁴ was developed in French and English, and included two parts. First, a profile of the participants and second, an expert knowledge collection in which 23 manufacturing planning and control methods were presented in groups. The confidence level of their responses and their opinion on the groups of methods presented was also requested. Additionally, participants could provide suggestions concerning any missing manufacturing characteristics; other than the four proposed, that they believed this research should have considered.

Three categories of survey participant experience were recognized: one to five years (junior), six to nine years (intermediate), and ten or more years (expert). These were adapted and based on the “Professional Access Program” from the Order of Engineers of Quebec (Accessed on September 19, 2019).

⁴ Le formulaire du sondage se trouve en Annexe D.

4.3.2.2 Data collection and limitations

36 survey participants were registered. This is equivalent to a 30% response rate, from which 25% did not complete the survey. In this section, the profile of the 27 participants who completed the survey is described. 67% of the participants have at least ten years of experience in manufacturing planning and control or a related field. 63% holds a Ph.D. degree or are a candidate. Their current situation is diversified between academia (48%), industry (37%) or both (15%).

Experts acknowledged most methods presented, but occasionally had difficulty defining the conditions under which certain methods are more efficient. Only 22% of participants were very confident of their responses. The average time to complete the survey varied between seven minutes and more than an hour.

4.3.2.3 Findings from survey

The results for the 23 methods are summarized in Table 4.2. For each manufacturing characteristic (VAR, VOL, ORD and BOM) of every method, the highest rate of all choices is highlighted in the pie chart. The column “Participation” illustrates the percentage of participants that knew the studied method. The percentage of all choices is shown in Appendix 4.1.

Kanban is the only method that was known by all the experts who participated in the survey. Demand-Driven MRP had the highest participation rate of integrated and hybrid methods. The quantity of methods known by expert varied between four and twelve methods. It was demonstrated that a participant could know at least four simple methods and yet no integrated nor hybrid method.

Seven methods were unknown to most participants: Cobacabana, POLCA, WLC, MRP – JIT – TOC, ERP – TOC, MRP – TOC and MRPII – TOC. These which have a rate of participation fewer than 25%. The first three methods are workload control methods, while the others represent hybrid methods including TOC.

Table 4.2 Summarized results for simple, integrated and hybrid methods





























































































Methods	Manufacturing characteristics				P (n=27)
	VAR	VOL	ORD	BOM	
Kanban	L 	H 	MTS - MTO 	S 	100%
ERP	H 	H 	MTS - MTO 	S - M - C 	96%
Lean (JIT)	H - L 	H - L 	MTO 	S - M - C 	89%
MRP	L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	89%
Six Sigma	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	81%
MRPII	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	63%
DDMRP	H - L 	H or H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	59%
Lean Six Sigma	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	59%
ConWIP	H 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	56%
TOC	H or L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	41%
MRP - Kanban	L 	H - L 	MTS or MTS - MTO 	S - M - C 	37%
MRPII - Kanban	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M or S - M - C 	33%
ERP - Lean	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	30%
MRP - ConWIP	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	30%
MRP - JIT	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	30%
MRPII - JIT	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	26%

Table 4.2 Summarized results for simple, integrated and hybrid methods (continuation)

Methods	Manufacturing characteristics				P (n=27)
	VAR	VOL	ORD	BOM	
MRP - TOC	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	22%
MRPII - TOC	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	22%
WLC	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	22%
ERP - TOC	H - L 	H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	19%
POLCA	L 	H 	MTS - MTO 	M 	19%
MRP - JIT - TOC	L or H - L 	H or H - L 	MTS - MTO 	S - M - C 	15%
Cobacabana	H 	H 	MTS or MTS - MTO 	M or C 	7%

Note. “ - ” means the combination of methods or characteristics

Legend. P - Participation

Figure 4.3 describes the usefulness of each method in five categories: generate orders, manage production, improve operations, planning and control. This figure has been built with the results obtained from the survey. The usefulness of each method has been collected by group of methods. The highest participation rates are 67% for simple methods and 52% for integrated or hybrid methods. None of them reached 100% response rate. Every integrated and hybrid method, as well as some simple methods were indicated as being useful in more than one category. In some cases, the final choice is unclear because the percentage of participation is 50%, which means that both responses can be correct (i.e. the category is in red font). The detailed results of the survey concerning the usefulness of methods is shown in Appendix 4.2. As the usefulness of Six Sigma and Lean Six Sigma did not support production management but rather operations improvement, they were removed from the initial list of methods.

It is clear from Table 4.2 and Figure 4.2 that integrated and hybrid methods remain the least known methods.

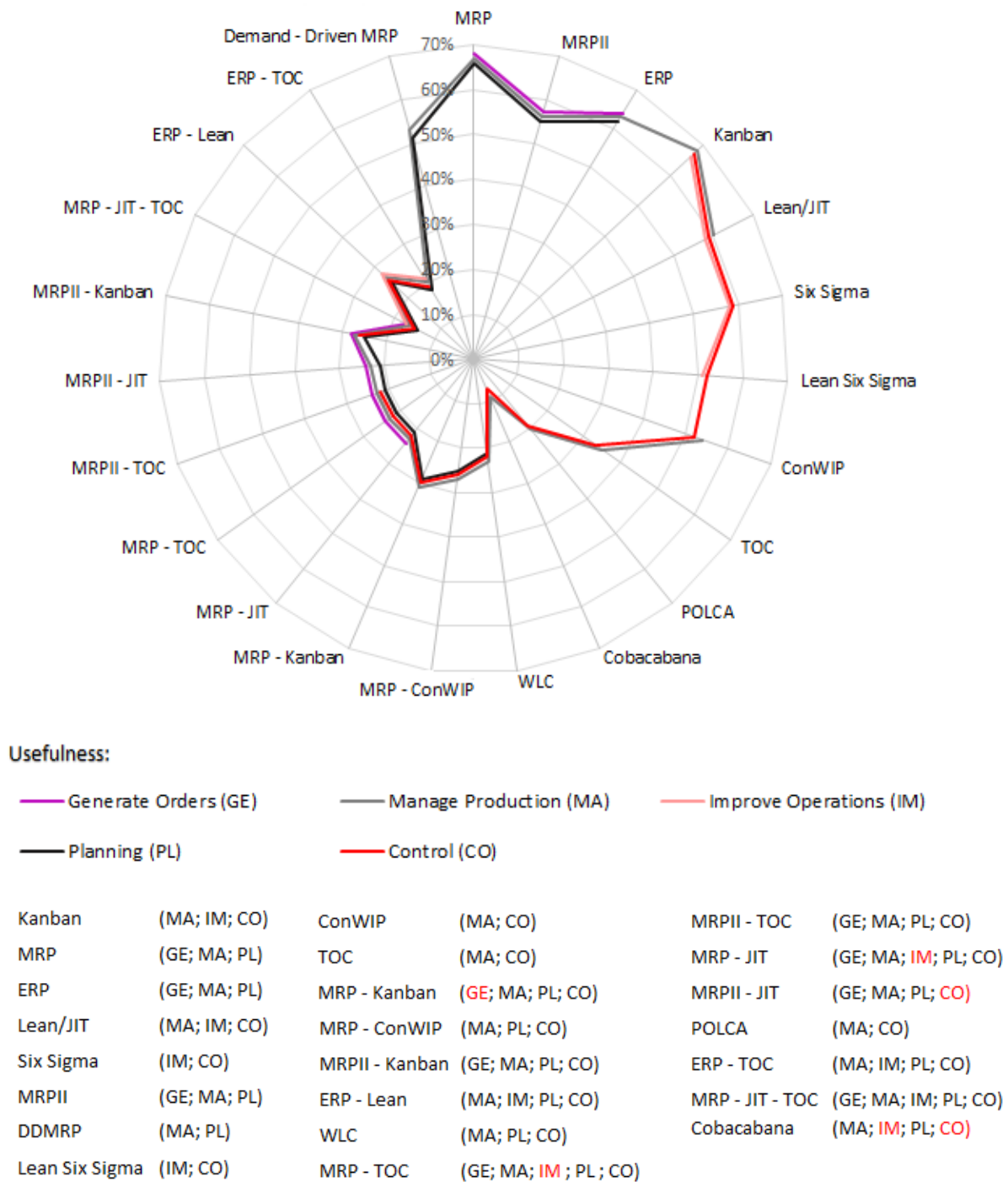


Figure 4.2 Summarized usefulness of simple, integrated and hybrid methods by percentage of participation

4.3.2.4 Analysis of the survey collection

To create the collection, some decisions had to be made on the findings from the survey. The final selected characteristic for each method was the one with the highest rate of participation.

The survey collection results indicated that nine out of eleven methods are applicable in any manufacturing environment. MRP – Kanban and MRP – JIT – TOC are the only methods that are applicable under specific conditions.

The fact of having one final choice for each characteristic helped to build the collection. However, in eight cases, more than one choice had the highest rate. This was the case for the variety of TOC, the volume of Demand-Driven MRP, the type of order of MRP - Kanban, BOM levels of MRPII – Kanban, the volume and variety of MRP - JIT – TOC, the type of order and BOM levels of Cobacabana.

In order to analyze more in depth, the results were split in two groups for comparison: participants with one to nine years of experience and those with ten years or more. From this analysis, the characteristics or the usefulness of the six following methods: MRPII – JIT, MRP – TOC, MRPII – TOC, ERP – TOC, MRP – JIT – TOC and Cobacabana remain unknown for participants with less than ten years of experience. Only few methods had the same highest choice in both groups. The exact final choice is found in two (Kanban, WLC, ERP – Lean), three (MRPII, Six Sigma, MRPII – Kanban) and all characteristics (Lean Six Sigma). The remaining results have similarities between both groups. However, this was not the case with the parameter related to the usefulness. The most important differences, related to the usefulness of methods, between both groups of participants are illustrated in Table 4.3.

Table 4.3 Usefulness differences according to participants' years of experience

Methods	Usefulness				
	PL	CO	GE	MA	IM
Six Sigma					×
DDMRP			×		
TOC, WLC	×			×	
MRP – Kanban, MRPII – Kanban		×	×		
ERP – Lean		×			
MRP – ConWIP		×	×		
POLCA	×				

For this reason, a second survey collection was developed based on the weighted product method. The authors found it interesting to weight responses from participants according to their years of experience. This weight varied between one and three points (i.e. 1 – 5 years = one point, 6 – 9 years = two points, and more than 10 years = three points).

When building the weighted survey collection, fewer decisions were required than when building the survey collection. Only four cases had more than one choice with the highest rate. For these cases (i.e. the volume and variety of MRP – JIT – TOC, the type of order and BOM levels of Cobacabana), the final choice was the one supported by the literature. Table 4.4 highlights the divergences between the two survey collections, which only existed in simple methods.

With respect to the usefulness of methods, the only identified difference is related to the method MRP – Kanban, where according to the weighted survey the GE is part of the usefulness.

Table 4.4 Assessment of survey and weighted survey collections

		Manufacturing characteristics			
		VAR		ORD	
		Survey	Weighted Survey	Survey	Weighted Survey
Methods	Kanban			MTS - MTO 41%	MTO 42%
	ERP	H 44%	H - L 41%		
	MRP	L 37%	H - L 38%	MTS - MTO 41%	MTS 46%

As the divergences between the two surveys were minimal, the weighted survey collection will be used in the selection framework. It also gathers information with less decision-making efforts required.

The feedback of experts contributed to describing the most appropriate environment based on four characteristics (VAR, VOL, ORD, and BOM) for each method (Table 4.2). Nevertheless, the findings remain descriptive because of the low rate of respondents. The four manufacturing characteristics are further used as parameters in the framework to facilitate the compatibility analysis between methods.

4.3.3 Compatibility points matrix

The matrix M presents identified characteristics from the collection of methods that is denoted by $m_{i,j}$, where i varies from 1 to m and j varies from 1 to n . The matrix of compatibility points associates a value $V_{i,j,k}$ to k that varies from 1 to N for each identified existing method. To this end, the two point Likert attribution scale was adapted from Audoux *et al.* (2018). This scale can vary between low (zero points), shared (one point) and high compatibility (two points).

The attribution of values $V_{i,j,k}$ is based on logical analysis:

$$V_{i,j,k} = \begin{cases} 2 & \text{if } m_i = m_j \\ 1 & \text{if } m_i \subset m_j \\ 0 & \text{if } m_i \neq m_j \end{cases} \quad (4.1)$$

The matrix is presented in Table 4.5

4.4 Selection of methods

A framework of selection by compatibility rank has been developed to determine the method to implement and achieve the desired performance. It was adapted from the selection strategy of Ashby (2011, p. 97-124) and the evaluation method of Audoux *et al.* (2018). The developed process (Figure 4.3) is outlined in the following sub-sections.

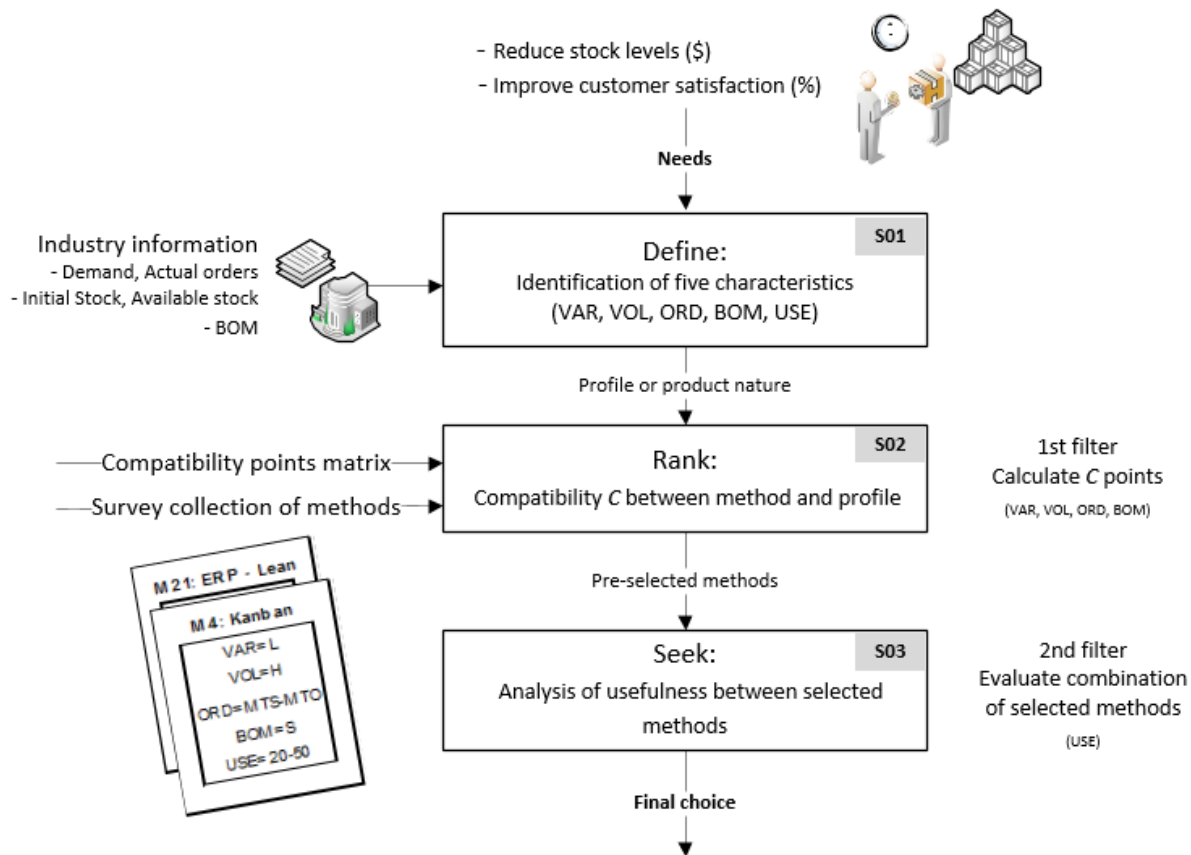


Figure 4.3 Three-step selection framework of appropriate method

Before using the proposed selection framework, the preliminary step is to quantify the actual situation of any company (i.e. industry information) whether it is already in operation or not, and who is willing to reduce stock levels and improve customer satisfaction. This is important because the method to be selected is better known for providing solution on these issues. The desired performance should be quantified in terms of stock levels (in units) and customer satisfaction (in days). In order to fulfill these needs, the company is required to implement an appropriate manufacturing planning and control method.

Next, the profile X or product nature (S01) is necessary to define. The profile includes five characteristics of the environment chosen from a list presented by Jonsson and Mattsson (2003) into which the collected data from the industry is classified as follows:

- Number of types of products' variety VAR : high H , low L or both $H-L$
- Production volume VOL : high H , low L or both $H-L$
- Type of product order ORD : make-to-stock MTS , make-to-order MTO or both $MTS-MTO$
- Number of bill of materials' levels of each finished product BOM : simple S , intermediate M , complex C , simple and intermediate $S-M$, intermediate and complex $M-C$, or simple, intermediate and complex $S-M-C$ (adopted from Guide *et al.* (1997)).
- Actual usefulness of method USE : generate orders GE , manage production MA , improve operations IM , planning method PL , control method CO , and workload control method WO .

Some considerations must be taken into account while defining these parameters, especially when the collected information for the production volume (VOL), the product variety (VAR) or the levels of the bill of materials (BOM) is quantitative data. As no pre-defined quantities or levels can be found in the literature that can support this decision, this research has considered the following assumptions based on the information from existing case studies: the product size (e.g. small or big) should be known to decide whether the variety and volume are high or low. For example, multiple small products can be handled manually. In this case, more than 200 types of small finished products are considered high variety and more than 1000 units per week are high production volume. Otherwise, more than ten types of big finished products are considered high variety and more than 50 units per week are high production volume. In both cases, the quantities are only used for reference. Three choices are possible for the number of levels of BOM : simple, when there are one or two levels, intermediate, between three and five levels, and complex, for more than five levels. The quantity of parts (e.g. it can exceed a million parts like in the aeronautical

industry) and the number of levels (e.g. more than four levels since the literature has mostly analyzed two or three) to manage determines whether a BOM is complex or not. It is possible to have more than one choice for each characteristic.

4.4.1 Rank according to the match between method and manufacturing environment (S02)

Existing methods should be evaluated based on four parameters (VAR, VOL, ORD, and BOM) to ensure its compatibility with the profile or product nature, previously defined in S01. A low compatibility (zero points) means that the method should not be used in that specific environment. Whereas, a high compatibility (two points) indicates that the method can be expected to perform effectively when adopted in that specific environment. In this context, the highest points attributed by parameter is two.

The matching is based on the compatibility points matrix (Table 4.5) between the profile and the weighted survey collection of methods. For example, if the variety type of the evaluated method matches the profile, the attributed points of compatibility will be two. If the variety type of the evaluated method only matches one out of the two choices of the profile, then the points attributed is one. No point is attributed if the type of the evaluated method does not match the type of profile.

Table 4.5 Compatibility point matrix

Method		Profile											
		VAR or VOL			ORD			BOM					
		H	L	H-L	MTS	MTO	MTS-MTO	S	M	C	S-M	M-C	S-M-C
VAR or VOL	H	2	0	1									
	L	0	2	1									
	H-L	2	2	2									
ORD	MTS				2	0	1						
	MTO				0	2	1						
	MTS-MTO				2	2	2						
BOM	S							2	0	0	1	0	1
	M							0	2	0	1	1	1
	C							0	0	2	0	1	1
	S-M							2	2	0	2	1	1
	M-C							0	2	2	1	2	1
	S-M-C							2	2	2	2	2	2

The compatibility index $C_{k,X}$ is defined for a profile $X_{i,j,k}$ as shown in the equation (4.2).

$$C_{k,X} = \sum_{i,j \in \mathbb{N}} V_{i,j,k} \quad (4.2)$$

Once this index is calculated for each existing method from the survey collection according to the studied profile, the selected method will be the one with the highest value $C_{k,X}$. This method can be one integrated or hybrid method; or at least two simple methods. The next step is to analyze the compatibility between the chosen methods for further combination or integration.

4.4.2 Seek combination or integration (S03)

The last step consists of a usefulness analysis between the selected methods. The final choice must cover at least both manufacturing planning (PL) and control functions (CO or WO). For this purpose, the collected usefulness for each method from Figure 4.2 is used. This parameter USE allows to evaluate which selected methods can be combined or integrated and if methods are redundant. In fact, many methods share the same manufacturing environment characteristics and more than one method – simple, hybrid or integrated - can have the highest ranking. In this case, the selected methods from the previous step are evaluated by groups.

A more exhaustive analysis is needed when there is a method already operating in the analyzed profile. Decision makers should determine whether the current method will be maintained or changed. For either choice, the usefulness (USE) of this method should be identified. If the method in place needs to be kept, the compatibility between the top-ranking methods and this method is crucial. Occasionally, it may already be included among the selected choices, which will facilitate the implementation of the final choice. Otherwise, a transition needs to be carefully planned (e.g. transition from an integrated or hybrid method to a simple method).

4.5 Case study

By presenting this case study, the authors hope to illustrate the process of selection previously introduced in Section 4.4 to a very concrete situation. We decided to evaluate a synthetic company named Factory X that manufactures 40 types of product PF, which has a bill of materials of four levels. The company has to cope with an average monthly demand of 4000 units, which is met either with its stock or on order production. This demand is distributed randomly between 40 types

of PF. The synthetic case company was built to evaluate Demand-driven MRP, the most recent integrated method, which seems to provide a reduction of stock levels and improvement of customer satisfaction (Velasco Acosta et al., 2020). The authors believed there to be value in assessing if it was the most convenient method to adopt.

First, Table 4.6 introduces the description of the profile of Factory X, defined from the obtained information of the company.

Table 4.6 Profile of Factory X

Factory X	VAR	VOL	ORD	BOM	USE
	H	L	MTS-MTO	M	-

Then, Table 4.7 presents the ranking of methods effectuated according to the compatibility points matrix (Table 4.5) in column $C\Sigma$. For each method of the weighted survey collection, the attributed values $V_{i,j,k}$ were calculated. Whenever two final choices are available in the collection, the two possible attributed values are shown in Table 4.7. For example, the type of order (ORD) of Cobacabana in the collection of methods can be MTS or MTS-MTO. When comparing the ORD of Factory X to the collection, the attributed values can be one point or two points respectively.

The highest compatibility index C for Factory X is eight points and the methods at the top of the ranking are highlighted in gray (Table 4.7). These methods include four simple and nine integrated and hybrid methods. The last step consists on identifying the usefulness of the thirteen methods that are part of the top ranking thanks to the Figure 4.2. Some CO have been replaced by WO to have more precision with respect to the usefulness based on findings in the literature. According to the USE parameter, the four simple methods can be combined at least in three ways (i.e. M2 with M6, M2 with M9 or M2 with M10). From these combinations, M2 with M6 and M2 with M10 are already part of the top ranking as M16 and M13. The nine integrated or hybrid methods can be further reduced to four types based on the classification of Velasco Acosta *et al.* (s.d.): Demand-Driven MRP, MRP – TOC (including M12, M13 and M14), MRP – ConWIP and MRP – JIT (including M17, M18, M20 and M21).

Table 4.7 Compatibility (rank) and usefulness (seek) analysis of Factory X

ID	Methods	Rank					Seek
		VAR	VOL	ORD	BOM	C Σ	USE
M1	MRP	2	2	1	2	7	
M2	MRPII	2	2	2	2	8	GE; MA; PL
M3	ERP	2	0	2	2	6	
M4	Kanban	0	0	1	0	1	
M5	Lean (JIT)	2	2	1	2	7	
M6	ConWIP	2	2	2	2	8	MA; WO
M7	Cobacabana	2	0	1 or 2	2 or 0	2	
M8	POLCA	0	0	2	2	4	
M9	WLC	2	2	2	2	8	MA; PL; WO
M10	TOC	2	2	2	2	8	MA; CO
M11	Demand - Driven MRP	2	2	2	2	8	MA; PL
M12	MRP - TOC	2	2	2	2	8	GE; MA; PL; CO
M13	MRPII - TOC	2	2	2	2	8	GE; MA; PL; CO
M14	ERP - TOC	2	2	2	2	8	MA; IM; PL; CO
M15	MRP - JIT - TOC	0 or 2	0 or 2	2	2	4	GE; MA; IM; PL; CO
M16	MRP - ConWIP	2	2	2	2	8	MA; PL; WO
M17	MRP - JIT	2	2	2	2	8	GE; MA; PL; CO
M18	MRPII - JIT	2	2	2	2	8	GE; MA; PL; CO
M19	MRP - Kanban	0	2	1	2	5	
M20	MRPII - Kanban	2	2	2	2	8	GE; MA; PL; CO
M21	ERP - Lean	2	2	2	2	8	MA; IM; PL; CO

Based on this analysis, Factory X would be strongly recommended to implement one of the five final choices (Demand-Driven MRP, MRP – TOC, MRP – ConWIP, MRP – JIT and MRP – WLC) to achieve its desired performance in terms of stocks levels and customer satisfaction.

4.5.1 Impact of parameters variation on the final choice

The final choice is sensitive to the manufacturing environment parameters of the methods gathered in the collection of methods. When analyzing Table 4.7, Cobacabana and MRP – JIT – TOC are the methods that have more than one option for a particular manufacturing characteristic, which prove divergences in the collected expertise. Even if a weighted survey collection was developed and used to face these divergences, there is still the need for more feedback.

The method MRP – JIT – TOC is the only that may be among the final choices depending on its final variety and volume characteristic, because of its *C* points. If the parameters presented in Table 4.8 are privileged, which match the profile of the case study, only then will the final choice include MRP – JIT – TOC. However, it will only apply for this specific profile. Hence, the final choice is also sensitive to the definition of the profile.

Table 4.8 Choices for Factory X according to employed parameters

Method	Parameters	Final choice (by type) highest <i>C</i> = 8 pts
MRP - JIT - TOC	VAR : H - L VOL : H - L	MRP - ConWIP MRP - TOC Demand-driven MRP MRP - JIT MRP - WLC MRP - JIT – TOC*

Note. * Method to be included only if it fulfills condition of compatibility.

4.6 Conclusions and future work

The authors presented the first three-step framework for selecting an appropriate manufacturing planning and control method according to its environment. The selection is based on a compatibility analysis of matching the characteristics of the methods with the manufacturing environment. This matching is possible through defined parameters that have an impact on performance. The usefulness of methods has not been considered as a parameter before. The survey results provide insight into the characteristics under which these methods are efficient, which is not yet reported in the existing literature. This is also the first study to include integrated and hybrid methods. 10 out of 21 analyzed methods are appropriate in all the identified manufacturing conditions (i.e. variety, volume, order type and BOM levels). However, the results remain descriptive because of the participation rate of experts in the survey was not sufficient to conduct a statistical analysis. There is no agreement about the sample size to select the number of participants required (Chouinard et al., 2019 ; Lai et al., 2006), but the collection of more information about the manufacturing characteristics of methods with less than a 50% response rate would be helpful.

Furthermore, a specific weight can be added to parameters depending on their importance or more than five parameters can be evaluated in the matching process or, which can refine and reduce the number of final choices with equivalent compatibility score, as observed in the case study presented. The adoption of artificial intelligence-based techniques may be more advantageous in the last scenario.

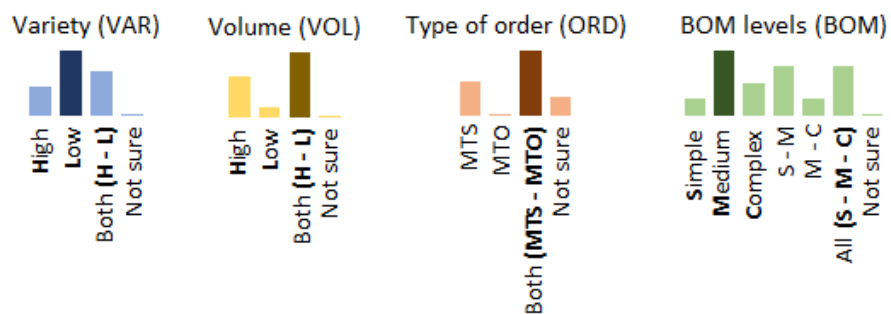
The authors are aware of the subjectiveness of the survey collection and the definition of profiles, which are crucial in this selection framework. Further research on this topic is encouraged.

The authors believe the next step should be the customization of the final choice to suit the profile of the company for future implementation. This will help the company meet its needs in terms of stock levels and customer satisfaction, and quantify the improvements achieved. A machine learning model linked to the manufacturing planning and control method could be developed.

Appendix 4.1 Survey results for simple, integrated and hybrid methods manufacturing characteristics

For each manufacturing characteristic of every method, the percentage of all choices is shown in bars, where the highest rate is highlighted.

Legend.



Methods	Manufacturing characteristics				Participation (n=27)
	VAR	VOL	ORD	BOM	
Kanban	L 52% 0%	H 56% 0%	MTS - MTO 4% 0%	S 4% 0%	100%
ERP	H 46% 0%	H 54% 0%	MTS - MTO 54% 0%	S - M - C 46% 0%	96%
Lean (JIT)	H - L 42% 0%	H - L 58% 0%	MTO 46% 0%	S - M - C 42% 0%	89%
MRP	L 42% 0%	H - L 46% 0%	MTS - MTO 46% 0%	S - M - C 33% 0%	89%
Six Sigma	H - L 45% 0%	H - L 45% 0%	MTS - MTO 73% 0%	S - M - C 56% 0%	81%
MRPII	H - L 65% 0%	H - L 76% 0%	MTS - MTO 59% 0%	S - M - C 47% 0%	63%
DDMRP	H - L 56% 0%	H or H - L 44% 0%	MTS - MTO 44% 0%	S - M - C 63% 0%	59%
Lean Six Sigma	H - L 69% 0%	H - L 63% 0%	MTS - MTO 8% 0%	S - M - C 63% 0%	59%
ConWIP	H 40% 0%	H - L 60% 0%	MTS - MTO 47% 0%	S - M - C 27% 0%	56%
TOC	H or L 36% 0%	H - L 64% 0%	MTS - MTO 73% 0%	S - M - C 45% 0%	41%
MRP - Kanban	L 50% 0%	H - L 50% 0%	MTS or MTS - MTO 30% 0%	S - M - C 50% 0%	37%
MRPII - Kanban	H - L 67% 0%	H - L 67% 0%	MTS - MTO 56% 0%	S - M or S - M - C 44% 0%	33%
ERP - Lean	H - L 63% 0%	H - L 50% 0%	MTS - MTO 88% 0%	S - M - C 75% 0%	30%
MRP - ConWIP	H - L 63% 0%	H - L 63% 0%	MTS - MTO 63% 0%	S - M - C 50% 0%	30%
MRP - JIT	H - L 50% 0%	H - L 63% 0%	MTS - MTO 50% 0%	S - M - C 38% 0%	30%
MRPII - JIT	H - L 86% 0%	H - L 7% 0%	MTS - MTO 7% 0%	S - M - C 7% 0%	26%
MRP - TOC	H - L 83% 0%	H - L 67% 0%	MTS - MTO 83% 0%	S - M - C 67% 0%	22%
MRPII - TOC	H - L 100% 0%	H - L 67% 0%	MTS - MTO 83% 0%	S - M - C 83% 0%	22%
WLC	H - L 67% 0%	H - L 67% 0%	MTS - MTO 50% 0%	S - M - C 50% 0%	22%
ERP - TOC	H - L 100% 0%	H - L 60% 0%	MTS - MTO 80% 0%	S - M - C 100% 0%	19%
POLCA	L 60% 0%	H 60% 0%	MTS - MTO 60% 0%	M 40% 0%	19%
MRP - JIT - TOC	L or H - L 50% 0%	H or H - L 50% 0%	MTS - MTO 75% 0%	S - M - C 50% 0%	15%
Cobacabana	H 100% 0%	H 100% 0%	MTS or MTS - MTO 50% 0%	M or C 50% 0%	7%

Appendix 4.2 Survey results for simple, integrated and hybrid methods usefulness

The percentage represents the participants that affirm that the method is useful in the concerned category. Three colors have been used to facilitate the identification of categories for each method. The 50% color has been used to identify the cases where more analysis is needed before deciding whether the method is useful or not in the concerned category.

Legend. No ● Yes ● 50% ●

Methods	Usefulness					Participation (n=27)
	GE	MA	IM	PL	CO	
Kanban	● 28%	● 78%	● 67%	● 28%	● 56%	67%
MRP	● 67%	● 94%	● 11%	● 94%	● 33%	67%
ERP	● 65%	● 94%	● 12%	● 94%	● 35%	63%
Lean/JIT	● 31%	● 81%	● 63%	● 31%	● 56%	59%
Six Sigma	● 0%	● 31%	● 81%	● 0%	● 69%	59%
MRPII	● 73%	● 93%	● 13%	● 93%	● 40%	56%
ConWIP	● 14%	● 86%	● 36%	● 36%	● 79%	52%
DDMRP	● 43%	● 79%	● 7%	● 86%	● 36%	52%
Lean Six Sigma	● 7%	● 36%	● 86%	● 14%	● 64%	52%
TOC	● 22%	● 89%	● 22%	● 44%	● 78%	33%
MRP - Kanban	● 50%	● 100%	● 38%	● 100%	● 63%	30%
ERP - Lean	● 14%	● 100%	● 71%	● 86%	● 71%	26%
MRP - ConWIP	● 43%	● 100%	● 29%	● 100%	● 71%	26%
MRPII - Kanban	● 57%	● 100%	● 29%	● 86%	● 57%	26%
MRP - JIT	● 67%	● 100%	● 50%	● 100%	● 67%	22%
MRP - TOC	● 67%	● 100%	● 50%	● 100%	● 83%	22%
MRPII - JIT	● 67%	● 100%	● 33%	● 83%	● 50%	22%
MRPII - TOC	● 83%	● 100%	● 33%	● 83%	● 67%	22%
WLC	● 17%	● 67%	● 33%	● 67%	● 83%	22%
ERP - TOC	● 20%	● 100%	● 80%	● 80%	● 100%	19%
POLCA	● 20%	● 100%	● 20%	● 40%	● 80%	19%
MRP - JIT - TOC	● 75%	● 100%	● 75%	● 100%	● 75%	15%
Cobacabana	● 0%	● 100%	● 50%	● 100%	● 50%	7%

CHAPITRE 5 DISCUSSION GÉNÉRALE

5.1 Atteinte des objectifs de recherche

L'objectif général de cette thèse, présenté comme étant : identifier les règles permettant d'anticiper, dans un environnement donné, la méthode ou la combinaison de méthodes (hybride ou intégrée) susceptible d'offrir les meilleures performances assurant la réduction du niveau des stocks et l'amélioration du niveau de service a été atteint en répondant aux trois objectifs spécifiques définis dans la section 1.2.

D'abord, l'objectif spécifique : développer un recueil de connaissances des méthodes hybrides et intégrées de planification et de contrôle de la fabrication issu de la littérature a été atteint dans les Chapitres 2 et 4. Parmi les contributions du Chapitre 2, un recueil de connaissances a été développé à partir d'études de cas de la littérature décrivant les caractéristiques de l'environnement manufacturier et le type d'industrie dans lequel elles ont été analysées. Les avantages obtenus en matière de planification et contrôle de la fabrication après l'implémentation des méthodes ont été mis en évidence : principalement en réduction des niveaux de stocks et augmentation du niveau de service. Ce recueil a permis de conclure que pour certaines caractéristiques de l'environnement, les méthodes n'ont pas encore été évaluées. C'est ainsi que dans le Chapitre 4, un sondage pour collecter l'avis d'experts dans le domaine a été effectué afin de créer un autre recueil de connaissances, qui permet de valider l'information et compléter les lacunes du recueil présenté dans le Chapitre 2. Une analyse des deux recueils est présentée dans la section 5.2. Les recueils de connaissances permettent de montrer le lien entre les caractéristiques de l'environnement et les méthodes.

Ainsi, la classification des méthodes intégrées et hybrides de planification et de contrôle de la fabrication identifiées au cours des 35 dernières années en sept catégories selon leurs buts et le type de méthodologie adoptée dans la littérature facilite l'identification de règles en simplifiant la quantité de méthodes à évaluer et en analysant l'état actuel des méthodologies existantes.

Ensuite, l'objectif spécifique : valider l'applicabilité du *demand-driven MRP* dans un environnement complexe et l'impact de la configuration de paramètres sur la performance a été atteint dans le Chapitre 3. La performance de cette méthode intégrée a été évaluée à travers la simulation d'une étude de cas synthétique caractérisée par un volume faible et une nomenclature

complexe. Les résultats favorables obtenus, soit une réduction de stocks de 18% et une amélioration du niveau de service de 41%, nous permettent de déduire que le DDMRP est applicable dans cet environnement avec des caractéristiques plus complexes que celles retrouvées dans la littérature. En effet, chaque produit fini PF de l'étude de cas synthétique *Factory X* comprend en moyenne entre 10 et 15 composants parmi ses niveaux de nomenclature, donnant un total 83 composants à gérer pour les 40 types de produits finis. Cependant, le succès de la méthode dépend de certains paramètres tel que le positionnement stratégique des stocks. Si la nomenclature du cas synthétique devient plus complexe que celle présentée, ce positionnement sera plus long à effectuer. Sept types de structures de découplage de stock ont été identifiés, tels que les produits de type Kanban et d'un jusqu'à trois niveaux consécutifs non bufférisés. La méthode est capable d'apporter une visibilité réelle sur les alertes de ruptures de stock ou de surstock des *buffers* grâce à son graphique d'aires empilées par couleur et de gérer ces différents types de découplage en même temps, qui pourrait être une tâche complexe en adoptant une autre méthode. Ce découplage permet aussi de gérer des pièces avec des niveaux de nomenclature inférieurs à quatre (c.-à-d. les pièces intermédiaires), et par conséquent, d'en déduire que la méthode DDMRP est aussi applicable dans des environnements où la nomenclature est inférieure ou égale à quatre niveaux.

L'évaluation de cette méthode permet d'identifier les règles dans le but de répliquer les résultats satisfaisants en matière de réduction de stocks et d'amélioration de niveau de service lors de son implémentation.

Finalement, l'objectif spécifique : développer une démarche structurée d'aide à la décision pour la sélection des méthodes selon la compatibilité entre l'environnement manufacturier du cas analysé et les méthodes de planification et de contrôle de la fabrication a été répondu dans le Chapitre 4. Une démarche structurée de sélection en trois étapes a été proposée, basée sur une analyse de compatibilité de caractéristiques entre les méthodes et l'environnement manufacturier. Cette analyse a été possible grâce au recueil de connaissances à partir d'un sondage en ligne collectant l'expertise dans le domaine. La démarche d'aide à la décision intègre les règles permettant d'anticiper la méthode ou la combinaison de méthodes qui est susceptible de proposer une meilleure performance. Les méthodes sont classées selon un rang de points de compatibilité, qui donne comme résultat, non seulement un choix de méthode, mais plutôt une liste de méthodes par ordre de compatibilité. Cette démarche, qui a été appliquée dans la même étude de cas synthétique du Chapitre 4, favorise l'adoption de méthodes intégrées ou hybrides, qui sont moins adoptées dans

l'industrie. Parmi la liste de méthodes obtenues en utilisant la démarche de sélection pour l'étude de cas, la méthode DDMRP est recommandée, qui prouve justement que celle-ci fournit des résultats satisfaisants dans une étude précédente.

La simplicité d'utilisation et la pertinence obtenue de la collecte d'expertise distinguent cette démarche dans la littérature.

Donc, les trois objectifs spécifiques ont été atteints de manière à répondre à l'objectif général. Cependant, les résultats présentent quelques limitations qui seront présentées dans la section 5.3.

5.2 Analyse des recueils de connaissances

Le recueil de connaissances des méthodes de planification et contrôle de la fabrication représente un outil de support important qui facilite l'identification de la méthode plus adaptée selon le profil en étude.

Afin de pouvoir comparer les recueils de connaissances introduits dans les articles 1 et 3, l'environnement manufacturier a été décrit selon les mêmes quatre caractéristiques (c.-à-d. VAR, VOL, ORD et BOM). L'article 1 présente un recueil de connaissances développé à partir de la littérature et l'article 3, deux recueils de connaissances à partir du sondage envoyé aux experts dans le domaine. Le recueil retenu est celui qui regroupe les résultats pondérés par années d'expérience.

Les résultats obtenus du sondage des experts donnent parfois plus d'un choix final: la variété et le volume de MRP-JIT-TOC, le type de commande et les niveaux de BOM de Copacabana. Dans ces cas, nous avons adopté l'option qui se rapproche le plus du recueil de connaissances issu de la littérature (si elle se trouve parmi les alternatives).

Kanban est la seule méthode qui a exactement les mêmes quatre caractéristiques définies basées sur la littérature et collectées par les experts. Le tableau 5.1 illustre les résultats des deux recueils de connaissances pour les méthodes intégrées et hybrides. Le recueil issu des experts (colonne droite) permet d'avoir un aperçu sur les caractéristiques manquantes dans le recueil issu de la littérature (colonne gauche). La littérature existante démontre que certains auteurs ont été capables de déterminer les caractéristiques pour lesquelles les méthodes présentent une meilleure performance. Ceci a été possible en ayant analysé les études de cas réels ou synthétiques. Par contre, quelques méthodes n'ont pas été évaluées par manque de données (voir cases vides dans le tableau 5.1).

Les différences plus notables entre les données issues des experts et de la littérature sont identifiées pour les caractéristiques de deux méthodes: MRP – Kanban et POLCA. Cependant, il est fortement recommandé d’enrichir la collecte d’expertise pour confirmer les résultats obtenus en matière de caractéristiques de l’environnement et de l’utilité de la méthode.

Tableau 5.1 Comparaison des recueils de connaissances des méthodes intégrées et hybrides de la planification et le contrôle de la fabrication

Méthodes	Environnement manufacturier							
	VAR		VOL		ORD		BOM	
	LIT	SON	LIT	SON	LIT	SON	LIT	SON
Demand-Driven MRP	L	H - L 36%	H	H - L 28%	MTS	MTS - MTO 25%	M	S - M - C 38%
MRP - TOC	H - L	H - L 18%		H - L 15%	MTO	MTS - MTO 18%	M - C	S - M - C 15%
MRPII - TOC	H	H - L 22%	H	H - L 15%	MTO	MTS - MTO 18%	M - C	S - M - C 18%
ERP - TOC	L	H - L 19%		H - L 11%	MTS	MTS - MTO 15%		S - M - C 19%
MRP - JIT - TOC	L	L 7%	H	H 7%		MTS - MTO 11%	M	S - M - C 7%
MRP - ConWIP		H - L 20%		H - L 20%	MTS - MTO	MTS - MTO 18%		S - M - C 16%
MRP - JIT	H	H - L 16%	H	H - L 20%	MTS - MTO	MTS - MTO 16%	M	S - M - C 12%
MRPII - JIT	H	H - L 22%		H - L 18%	MTS	MTS - MTO 18%		S - M - C 18%
MRP - Kanban	H	L 18%	H - L	H - L 18%	MTS - MTO	MTS 13%	S - M	S - M - C 18%
MRPII - Kanban	H	H - L 21%	L	H - L 21%		MTS - MTO 17%		S - M - C 16%
ERP - Lean		H - L 18%		H - L 13%	MTS - MTO	MTS - MTO 26%		S - M - C 25%

Ainsi, nous observons en comparant les deux recueils que certaines méthodes sont connues ou utilisées par les experts même s’il elles ne sont pas documentées dans la littérature. En enrichissant

la collecte d'expertise, nous pourrions valider cette observation et conclure que les méthodes hybrides et intégrées sont plus adoptées dans plusieurs environnements.

5.3 Limitations des résultats obtenus

Les résultats obtenus présentent les limitations suivantes qui devront être considérées pour de futurs travaux.

- La méthodologie de recherche utilisée pour la revue des méthodes hybrides et intégrées existantes (Chapitre 2) se limite à combiner une méthode de planification et au moins une méthode de contrôle. Parmi les méthodes de planification, nous retrouvons seulement les méthodes à flux poussé (MRP, MRPII et ERP), qui sont les plus connues dans la littérature et leur système d'information le plus adopté. Cependant, il est possible d'élargir et inclure d'autres méthodes ou technologies qui pourraient les remplacer. Il sera important de s'assurer que celles-ci comprennent les fonctions de planification (c.-à-d. le plan industriel et commercial, le plan directeur de production, le calcul des besoins nets).
- La description de l'environnement manufacturier qui représente un élément important de la démarche structurée de sélection se fait à partir de quatre caractéristiques ou paramètres qui ont plus d'impact sur la performance. Le choix du nombre des caractéristiques a été fait en prenant en compte celles qui sont minimalement nécessaires pour décrire l'environnement complexe (principalement nomenclature et volume) afin de simplifier l'analyse de compatibilité. Néanmoins, il existe d'autres caractéristiques dans la littérature qui pourront être incluses, telles que le type de configuration de l'atelier et la taille de lot, entre autres. En décrivant notre étude de cas synthétique, le nombre de caractéristiques est jugé suffisant pour illustrer un environnement complexe. Afin de valider la quantité de caractéristiques utilisée pour définir un environnement manufacturier, il est recommandé d'évaluer une étude de cas réelle.

- La complexité de l'environnement manufacturier étudié dans cette recherche prend en compte des caractéristiques semblables à celles de l'industrie aéronautique qui est considérée complexe dans la littérature (c.-à-d. volume de production bas et nomenclature complexe). Parmi les études de cas existantes dans la littérature (Chapitre 2), la majorité des produits comprennent deux ou trois niveaux de nomenclature. Donc, plus nous ajoutons des niveaux ou des composants, plus cela devient complexe à gérer. Ainsi, les 40 types de produit PF de l'étude de cas synthétique *Factory X* comportent quatre niveaux de nomenclature, 83 composants et une faible demande aléatoire. Nous pourrions analyser différents types de niveaux de nomenclature incluant quatre niveaux et une demande fixe. Par exemple, une demande minimale pour tous les produits PF à l'exception d'un.
- La démarche structurée de sélection prend en considération que les quatre caractéristiques VAR, VOL, ORD et BOM ont la même importance lorsqu'on évalue la compatibilité entre la méthode et le profil en étude. Cependant, il pourrait être intéressant d'associer une pondération aux caractéristiques dépendamment de l'importance qu'elles auront pour le profil en étude.
- Le nombre de participants dans le sondage n'a pas permis d'obtenir un taux de participation significatif (au moins 20%) pour certaines méthodes Cobacabana, MRP - JIT – TOC, POLCA et ERP – TOC. Néanmoins, les résultats obtenus nous permettent de faire une analyse descriptive et avoir un aperçu de l'applicabilité de ces méthodes.

Plusieurs paramètres définis dans le Chapitre 3 peuvent être sujets de changements :

- Le stock initial des *buffers* est fixé aléatoirement entre la zone jaune et la zone verte. Selon Ptak et Smith (2016), le stock idéal des *buffers* devrait se situer entre la TOR et la somme de TOR et TOG. En analysant les résultats obtenus, la quantité des 37 *buffers* se trouve

dans cette zone, mais lors de la définition du stock initial de ceux-ci, seulement 10 *buffers* respectent le stock idéal défini par Ptak et Smith. Ainsi, nous observons que le stock initial des autres *buffers* se trouve dans un intervalle inférieur à celui considéré comme idéal. Cela pourrait justifier le fait qu'il était nécessaire de réaliser des ajustements dynamiques dans un premier temps afin de réduire les alertes de rupture de stock identifiées. En implémentant la recommandation de Ptak et Smith pour les 37 *buffers*, la réduction de niveaux de stocks pourrait être encore plus importante que celle obtenue pour *Factory X*. Cependant, cette hypothèse reste à confirmer et il pourrait être seulement applicable dans le cas analysé.

- Les matières premières du produit PF se trouvent dans le niveau 3 et le niveau 4 de la nomenclature et sont toujours bufférisées (Figure 3.2). Nous pourrions proposer d'analyser l'impact sur la performance de la méthode DDMRP si les matières premières avec un ADU plus petit sont seulement bufférisées ou aucune matière première n'est bufférisée.
- La détermination des profils et des zones des *buffers* est aussi une étape très subjective. L'analyse permettant le choix de profil a été effectuée par niveau de nomenclature. Le positionnement de la pièce dans la nomenclature a aussi influencé ce choix. Le détail du profil et le pourcentage correspondant au *lead time* et la variabilité des *buffers* sont détaillés dans l'Appendix 3.2.
- Le concept de structure de découplage a été introduit pour la première fois et représente la combinaison de pièces bufférisées et non bufférisées dans la structure du produit (Figure 3.2). Trois scénarios ont été créés à partir du DLT (Table 3.2). Pour chacun des 40 produits PF, les *buffers* ont été placés en commençant par le niveau 4 jusqu'au niveau 0, pour atteindre le DLT fixé. Par la suite, nous avons remarqué que les structures se rassemblaient, ce qui nous a permis de les regrouper et identifier le nombre de structures. Les scénarios 2

et 3 ont été proposés afin d'obtenir une meilleure performance en matière de niveau de service que celle obtenue dans le scénario 1 (dans une étude précédente).

Le choix d'évaluer le scénario 3 se base principalement sur le fait qu'il comporte le plus court DLT et le plus grand nombre de structures de découplage parmi les trois scénarios. Ce dernier paramètre rend l'analyse intéressant, principalement parce qu'il n'a pas encore été pris en compte en implémentant la méthode DDMRP et qui pourrait être pertinent à évaluer dans les autres méthodes. Donc, la figure 3.3 représente toutes les structures de découplage possible pour l'étude de cas *Factory X*. Chacun des 40 produits PF comporte une des sept structures pour un DLT de sept jours.

À partir des caractéristiques identifiées permettant de décrire l'environnement manufacturier dans lequel les méthodes sont plus performantes, il a été possible de créer de règles permettant d'anticiper la performance des méthodes et de sélectionner la méthode la plus appropriée. De même en évaluant l'applicabilité de la méthode *demand-driven MRP*, nous avons analysé l'importance du positionnement des buffers donnant lieu à des structures de découplage. La complexité a été analysée d'une nouvelle manière permettant d'affirmer que cette méthode peut gérer un autre type de complexité, ce qui représente une nouvelle règle favorisant l'applicabilité de cette méthode.

Ces règles devront être validées en utilisant la démarche de sélection dans une étude de cas réelle qui pourrait inclure un autre type de complexité.

CHAPITRE 6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

6.1 Sommaire de la thèse et originalité de la contribution

Dans cette thèse, nous avons réussi à identifier les règles permettant de choisir une méthode de planification et de contrôle de la fabrication pour un environnement manufacturier semblable à celui de l'industrie aéronautique qui permettra de réduire les stocks et améliorer le niveau de service.

Premièrement, une revue exploratoire a été effectuée pour identifier les méthodes hybrides et intégrées qui demeurent peu répandues. Il a été trouvé que des méthodes sont plus performantes pour un type d'environnement manufacturier en particulier que d'autres. Vu l'importance du rôle de cet environnement dans la performance de la planification et le contrôle de la production, quatre caractéristiques ont été identifiées pour le décrire: la variété de production, le volume de production, la nomenclature et le type de commande de production. Ainsi, un recueil de connaissances a été développé à partir de la littérature, regroupant ces caractéristiques pour chaque méthode. Les méthodes intégrées et hybrides sont applicables à un nombre plus important de types d'environnement que les méthodes simples. Néanmoins, aucune méthode n'a été étudiée dans tous les environnements possibles, ce qui ne limite pas nécessairement son utilisation en pratique.

Deuxièmement, la récente méthode *demand-driven MRP* a été évaluée dans un environnement complexe. En simulant le comportement de cette méthode qui n'est pas très étudié dans la littérature, plusieurs décisions concernant le choix des paramètres ont dû être prises pour démontrer l'impact sur la performance de la méthode, notamment le positionnement stratégique des *buffers*. En effet, une attention particulière a été portée à l'identification de structure de découplage. La réduction de stocks et l'amélioration du niveau de service obtenues concluent que la méthode peut gérer simultanément des produits bufférisés ou type kanban et d'autres qui ne le sont pas. La description du modèle du comportement simulé et le calcul détaillé des *buffers* regroupent l'ensemble des décisions non évidentes prises et serviront de lignes directrices pour de futures implémentations de la méthode.

Finalement, une démarche structurée de sélection de méthodes a été développée et documentée, basée sur la compatibilité entre les méthodes et l'environnement d'étude à travers l'analyse de quatre caractéristiques préalablement identifiées. L'avis d'experts sur ce sujet a été collecté pour

valider les données de la littérature et pour pouvoir anticiper les meilleures performances des méthodes. En analysant chacune des méthodes existantes, des points de compatibilité sont attribués pour chaque caractéristique dépendamment du cas étudié. Une cinquième caractéristique a été ajoutée pour identifier le but de la méthode et assurer le fonctionnement d'une potentielle combinaison ou intégration de celles-ci. Cette démarche originale et simple a été adoptée et analysée pour un cas spécifique semblable à celui de l'aéronautique, mais qui est applicable à n'importe quel contexte. Les méthodes sélectionnées ont été classées par points de compatibilité facilitant le choix d'une méthode appropriée selon son environnement et susceptible d'apporter les meilleures performances.

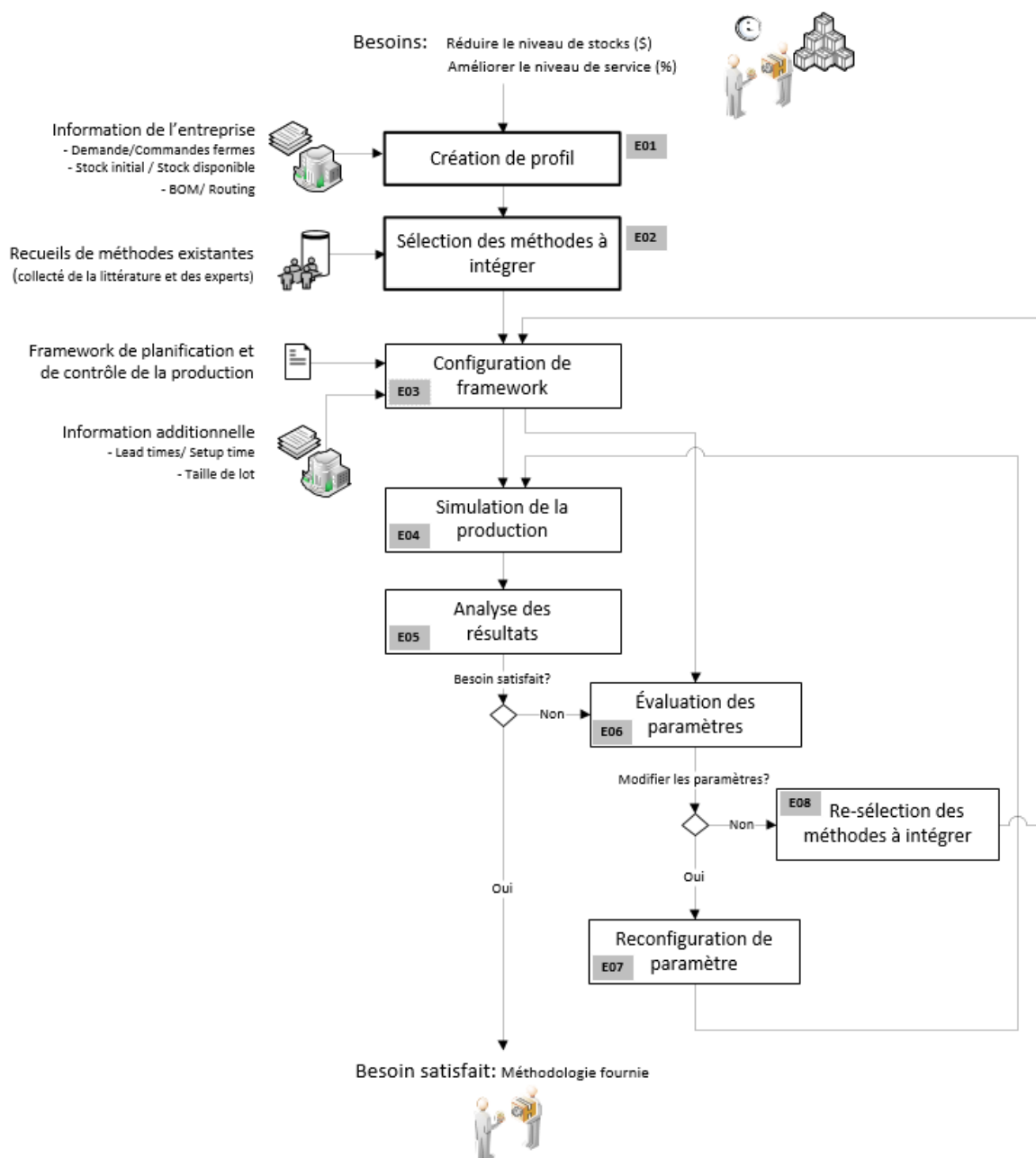
6.2 Étapes à suivre après la sélection de méthodes

Cette thèse couvre en détail les deux premières étapes de la figure 6.1. La suite (E03, E04, E05, E06 et E07) a été effectuée seulement pour la méthode *demand-driven MRP* en comparant les résultats avant et après implémentation de la méthode. Cependant, il serait intéressant de réaliser la même analyse pour chaque méthode de la liste obtenue lors de la sélection de méthodes pour des fins de comparaison de celles-ci.

Les méthodes intégrées et hybrides identifiées ont été étudiées dans la littérature pendant 35 ans (Table 2.3.). En effet, quelques auteurs ont décrit l'implémentation en détail de ces méthodes (Annexe C), qui demeurent peu connues pour les décideurs. La colonne « FR » (Table 2.3) résume les démarches de fonctionnement existantes qui devraient être utilisées comme outil de référence. Certains types de méthodes ont plus d'une démarche proposée. La configuration des méthodes à intégrer (E03) comprend essentiellement la configuration de certains paramètres propres des méthodes pour assurer l'intégration ou la combinaison et la performance désirée. Le positionnement des *buffers*, la quantité de *buffer*, l'ordre de priorité de fabrication (FIFO ou par couleurs) et la règle de réapprovisionnement sont quelques paramètres identifiés (Chapitre 3) qui jouent un rôle important dans cette étape. Ensuite, la méthode configurée pourra être simulée en utilisant le logiciel ARENA (E04) et les résultats obtenus en matière de niveaux de stock et de niveau de service pourront être comparés (E05). Dépendamment des résultats, les paramètres devront être évalués (E06) pour identifier des opportunités d'amélioration et ainsi, l'impact du paramètre sur la performance. Les modifications pertinentes seront incluses dans la méthode personnalisée (E07). Si aucun paramètre n'a eu un impact sur la performance, il faudra analyser la

méthode qui suit dans le classement ou liste de méthodes sélectionnées (E08). S'il ne reste aucune méthode à analyser, il faudra adopter la méthode qui présente les meilleurs résultats.

Figure 6.1 Vue d'ensemble de la démarche structurée d'aide à la décision proposée



L'identification, la configuration et l'impact des paramètres des méthodes sélectionnées représentent la prochaine étape essentielle pour garantir la performance désirée. Cette démarche peut représenter la base d'une approche qui soit facilement adaptable à tous les environnements.

Un modèle d'apprentissage par machine lié à cette approche de planification et de contrôle de la fabrication de base pourra être développé. L'apprentissage par machine fournira la capacité d'apprendre des données historiques ou des données en temps réel pour réagir à des événements prévisibles ou imprévisibles. Les activités, les outils et les techniques nécessaires pour développer ce modèle ont été identifiés par Usuga Cadavid et al. (2020).

6.3 Recommandations pour futurs travaux

Les recueils de connaissances créés à partir de la littérature et la collecte d'expertise sont limités et devront être enrichis. Dans la littérature, les méthodes hybrides et intégrées ont été très peu étudiées et leur implémentation très peu documentée. De même, le nombre de participants du sondage nous a permis de réaliser seulement une analyse descriptive. En identifiant plus de spécialistes qui ont connaissance sur l'ensemble des méthodes hybrides et intégrées, tels que les clients et les éditeurs des logiciels supportant ces méthodes, l'information collectée pour les méthodes avec moins de 30% de participation pourra être validée et permettra de réaliser des analyses de compatibilité plus précises.

Ainsi, il est envisageable d'attribuer une pondération selon l'importance et ajouter des caractéristiques décrivant l'environnement manufacturier, tel que la durée de *lead times*, la configuration de l'atelier, et le type de production ou processus, entre autres, afin d'avoir moins de résultats et par conséquent, une seule association appropriée pour chaque profil. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser une méthodologie de décision multicritères analytique (AHP) combinée avec une autre basée sur l'intelligence artificielle (logique *fuzzy*). Cette combinaison permettra de prendre des décisions plus raisonnables lorsque l'information est limitée et subjective.

L'implémentation de paramètres mesurant l'impact économique et en matière de développement durable sera nécessaire lors de la sélection de méthodes. La fabrication qu'on connaît joue un rôle important et peut contribuer positivement au développement durable (Garetti et Taisch, 2012). Par exemple, les coûts associés aux *buffers*, la quantité de CO₂ émise par l'approvisionnement de matières premières ou des sous-assemblages, et la consommation d'énergie en production, entre autres.

Afin de rester compétitif dans le marché manufacturier global, il est fortement recommandé d'informatiser la démarche structurée de sélection de méthodes. Elle pourra être adaptée en prenant

compte des concepts de l'Industrie 4.0 vers une usine intelligente, qui représente la nouvelle ère de fabrication. En effet, l'Industrie 4.0 est déjà en train de changer la manière dont les produits sont fabriqués pour intégrer la digitalisation dans leur processus de production (Sanders et al., 2017).

RÉFÉRENCES

- Aggarwal, K., Urbanic, R. J., et Saqib, S. M. (2018). Development of predictive models for effective process parameter selection for single and overlapping laser clad bead geometry. *Rapid Prototyping Journal*, 24(1), 214-228. <https://doi.org/10.1108/RPJ-04-2016-0059>
- Ahmed, A., Al-Mashraie, M., et Aqlan, F. (2015). Evaluation of dispatching rules in manufacturing using simulation and data envelopment analysis. Dans *IIE Annual Conference and Expo 2015* (p. 1016-1025).
- Al-Ahmari, A. M., Abdulhameed, O., et Khan, A. A. (2018). An automatic and optimal selection of parts orientation in additive manufacturing. *Rapid Prototyping Journal*, 24(4), 698-708. <https://doi.org/10.1108/RPJ-12-2016-0208>
- Alaskari, O., Ahmad, M. M., Dhafr, N., et Pinedo-Cuenca, R. (2012). Critical Successful Factors (CSFs) for Successful Implementation of Lean Tools and ERP Systems. Dans *Proceedings of the World Congress on Engineering* (vol. III). London, U.K.
- Alaskari, O., Ahmad, M. M., et Pinedo-Cuenca, R. (2016). Development of a methodology to assist manufacturing SMEs in the selection of appropriate lean tools. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(1), 62-84. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2015-0005>
- Amorim, P., Curcio, E., Almada-Lobo, B., Barbosa-Póvoa, A. P. F. D., et Grossmann, I. E. (2016). Supplier selection in the processed food industry under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 252(3), 801-814. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.02.005>
- Ashby, M. F. (2011). *Materials Selection in Mechanical Design*. Elsevier.
- Asodariya, H., Patel, H. V., Babariya, D., et Maniya, K. D. (2018). Application of multi criteria decision making method to select and validate the material of a flywheel design. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 17147-17155. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.04.123>
- Audoux, K., Laverne, F., D'Antonio, G., Segonds, F., Kerbrat, O., Chiabert, P., et Aoussat, A. (2018). Multicriteria Evaluation Method in PLM Environment: A Pilot Study. Dans *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (p. 534-542). Turin, Italy : Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01614-2_49
- Bagni, G., Godinho Filho, M., Thürer, M., et Stevenson, M. (2021). Systematic review and

- discussion of production control systems that emerged between 1999 and 2018. *Production Planning & Control*, 32(7), 511-525. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1742398>
- Bahu, B., Bironneau, L., et Hovelaque, V. (2019). Compréhension du DDMRP et de son adoption : premiers éléments empiriques. *Logistique & Management*, 27(1), 20-32. <https://doi.org/10.1080/12507970.2018.1547130>
- Baidya, R., Dey, P. K., Ghosh, S. K., et Petridis, K. (2018). Strategic maintenance technique selection using combined quality function deployment, the analytic hierarchy process and the benefit of doubt approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1-4), 31-44. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9540-1>
- Baptiste, P. (2018). DDMRP : scheduling opportunities in case of complex BOMs. Dans *ILS 2018 - International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*. Lyon, France.
- Bayard, S., et Grimaud, F. (2018). Enjeux financiers de DDMRP: une approche simulateur. Dans *MOSIM 2018 - 12th International Conference on Modelling, Optimization and Simulation*. Toulouse, France.
- Beamon, B. M., et Bermudo, J. M. (2000). A hybrid push/pull control algorithm for multistage, multi-line production systems. *Production Planning & Control*, 11(4), 349-356. <https://doi.org/10.1080/095372800232072>
- Bell, N. M., et Weheba, G. S. (2018). A Pilot Implementation of the Drum-Buffer-Rope and Reported Benefits. *The Journal of Management and Engineering Integration*, 11(1), 64-72.
- Belt, B. (1987). MRP and Kanban - A possible synergy? *Production and Inventory Management*, 28(1), 71-80.
- Benton, W. C., et Shin, H. (1998). Manufacturing planning and control: The evolution of MRP and JIT integration. *European Journal of Operational Research*, 110(3), 411-440. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00080-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00080-0)
- Bertolini, M., Romagnoli, G., et Zammori, F. (2015). Simulation of two hybrid production planning and control systems: A comparative analysis. Dans *IESM 2015 - International Conference on Industrial Engineering and Systems Management* (p. 388-397). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/IESM.2015.7380187>

- Bhuvanesh Kumar, M., et Parameshwaran, R. (2018). Fuzzy integrated QFD, FMEA framework for the selection of lean tools in a manufacturing organisation. *Production Planning & Control*, 29(5), 403-417. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1434253>
- Biswas, R., Das, M. C., Bhattacharyya, S., Kuar, A. S., et Mitra, S. (2019). Selection of Nd:YAG laser beam micro-drilling parameters using multi-criteria decision making methods. *Optics & Laser Technology*, 119, 105596. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105596>
- Blessing, L. T. M., et Chakrabarti, A. (2009). *DRM, a Design Research Methodology*. London:Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-587-1>
- Bodaghi, G., Jolai, F., et Rabbani, M. (2018). An integrated weighted fuzzy multi-objective model for supplier selection and order scheduling in a supply chain. *International Journal of Production Research*, 56(10), 3590-3614. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1400706>
- Boersma, K., et Kingma, S. (2005). From means to ends: The transformation of ERP in a manufacturing company. *Journal of Strategic Information Systems*, 14(2), 197-219. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2005.04.003>
- Bolander, S. F., et Taylor, S. G. (2000). Scheduling techniques: a comparison of logic. *Production and Inventory Management Journal*, 41(1), 1-5.
- Bonatsos, N., Dheskali, E., Freire, D. M. G., de Castro, A. M., Koutinas, A. A., et Kookos, I. K. (2016). A mathematical programming formulation for biorefineries technology selection. *Biochemical Engineering Journal*, 116, 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.05.001>
- Bueno, A., Godinho Filho, M., et Frank, A. G. (2020). Smart production planning and control in the Industry 4.0 context: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106774. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106774>
- Burbidge, J. L. (1990). Production control: A universal conceptual framework. *Production Planning & Control*, 1(1), 3-16. <https://doi.org/10.1080/09537289008919289>
- Cahyadi, I. (2019). A Combined ANP, TOPSIS and MCGP Approach to Select Knowledge Transfer Strategy: A Case Study in Indonesian SMEs ERP System Implementation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505, 012001.

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012001>

- Çakır, S. (2018). An integrated approach to machine selection problem using fuzzy SMART-fuzzy weighted axiomatic design. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(7), 1433-1445. <https://doi.org/10.1007/s10845-015-1189-3>
- Camci, A., Temur, G. T., et Beskese, A. (2018). CNC router selection for SMEs in woodwork manufacturing using hesitant fuzzy AHP method. *Journal of Enterprise Information Management*, 31(4), 529-549. <https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2018-0017>
- Chan, J. W. K., et Burns, N. D. (2002). Benchmarking manufacturing planning and control (MPC) systems An empirical study of Hong Kong supply chains. *Benchmarking*, 9(3), 256-277. <https://doi.org/10.1108/14635770210429018>
- Chaudhuri, A., Gerlich, H. A., Jayaram, J., Ghadge, A., Shack, J., Brix, B. H., ... Ulriksen, N. (2020). Selecting spare parts suitable for additive manufacturing: a design science approach. *Production Planning & Control*, 1-18. Prépublication en ligne. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1751890>
- Cheikhrouhou, N., Hachen, C., et Glardon, R. (2009). A Markovian model for the hybrid manufacturing planning and control method « Double Speed Single Production Line ». *Computers and Industrial Engineering*, 57(3), 1022-1032. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.04.013>
- Chen, Y., et Jiang, B. (2008). Dynamic efficiency and performance improvement to service firms based on integrated MRPII/JIT/TOC system. Dans *WiCOM 2008 - International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing* (p. 4-7). <https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.2017>
- Chouinard, U., Pigosso, D. C. A., McAloone, T. C., Baron, L., et Achiche, S. (2019). Potential of circular economy implementation in the mechatronics industry: An exploratory research. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118014>
- Cochran, J. K., et Kaylani, H. A. (2008). Optimal design of a hybrid push/pull serial manufacturing system with multiple part types. *International Journal of Production Research*, 46(4), 949-965. <https://doi.org/10.1080/00207540600905547>
- Coronado Mondragon, A. E., Mastrocinque, E., et Hogg, P. J. (2017). Technology selection in the

- absence of standardised materials and processes: a survey in the UK composite materials supply chain. *Production Planning & Control*, 28(2), 158-176. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1252070>
- Cox, J. F., et Blackstone, J. H. (2008). *APICS Dictionary*. APICS Dictionary (12^e éd.). APICS The Association for Operations Management.
- Crnjac, M., Aljinovic, A., Gjeldum, N., et Mladineo, M. (2019). Two-stage product design selection by using PROMETHEE and Taguchi method: A case study. *Advances in Production Engineering & Management*, 14(1), 39-50. <https://doi.org/10.14743/apem2019.1.310>
- Crute, V., Ward, Y., Brown, S., et Graves, A. (2003). Implementing Lean in aerospace - Challenging the assumptions and understanding the challenges. *Technovation*, 23(12), 917-928. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00081-6)
- Cui, L. X. (2016). Joint optimization of production planning and supplier selection incorporating customer flexibility: an improved genetic approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 27(5), 1017-1035. <https://doi.org/10.1007/s10845-014-0932-5>
- De Smet, R., et Gelders, L. (1998). Using simulation to evaluate the introduction of a Kanban subsystem within an MRP-controlled manufacturing environment. *International Journal of Production Economics*, 56-57, 111-122. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00095-9)
- de Vaan, M. J. (1992). Introducing MRP II, with enhancements: The case of a furniture manufacturer. *Production Planning & Control*, 3(3), 258-263. <https://doi.org/10.1080/09537289208919397>
- Deleersnyder, J. L., Hodgson, T. J., King, R. E., O'Grady, P. J., et Saw A, A. (1992). Integrating Kanban Type Pull Systems and MRP type Push Systems: Insights from a Markovian Model. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 24(3), 43-56. <https://doi.org/10.1080/07408179208964223>
- Dessevre, G., Martin, G., Baptiste, P., Lamothe, J., Pellerin, R., et Lauras, M. (2019). Decoupled Lead Time in finite capacity flowshop: a feedback loop approach. Dans *Proceedings of the 2019 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IESM 2019* (p. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IESM45758.2019.8948198>

- Ding, F. Y., et Yuen, M. N. (1991). A modified MRP for a production system with the coexistence of MRP and kanbans. *Journal of Operations Management*, 10(2), 267-277. [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(91\)90026-T](https://doi.org/10.1016/0272-6963(91)90026-T)
- Discenza, R., et McFadden, F. R. (1988). The Integration of MRPII and JIT Through Software unification. *Production and Inventory Management Journal*, 29(4), 49.
- Elragal, A., et Haddara, M. (2012). The Future of ERP Systems: look backward before moving forward. *Procedia Technology*, 5, 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.09.003>
- Esmailian, B., Behdad, S., et Wang, B. (2016). The evolution and future of manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 39, 79-100. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.03.001>
- Esposito, E., et Passaro, R. (1997). Material requirement planning and the supply chain at Alenia Aircraft. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3(1), 43-51. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(96\)00004-4](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(96)00004-4)
- Farooq, S., et O'Brien, C. (2015). An action research methodology for manufacturing technology selection: a supply chain perspective. *Production Planning & Control*, 26(6), 467-488. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.924599>
- Favi, C., Germani, M., et Mandolini, M. (2018). Development of complex products and production strategies using a multi-objective conceptual design approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 95(1-4), 1281-1291. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1321-y>
- Ferencíková, D. (2011). Information systems for production planning and scheduling and their impact on business performance. Dans *5th European Conference on Information Management and Evaluation*. Como, Italy.
- Flapper, S. D. P., Wijngaard, J., et Miltenburg, G. J. (1991). Embedding JIT into MRP. *International Journal of Production Research*, 29(2), 329-341. <https://doi.org/10.1080/00207549108930074>
- Foo, G., et Kinney, L. (1990). Integrated pull manufacturing-the integration of MRP and JIT systems. Dans *Proceedings of the First International Systems Integration Conference* (p.

- 415-425). Morristown, NJ : IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSI.1990.138707>
- Fortulan, S. A., et Gonçalves Filho, E. V. (1997). A JIT/MRP II Integrated Model for a Repetitive Manufacturing Environment. Dans *IFAC Proceedings Volumes* (vol. 30, p. 61-66). [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)42276-2](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)42276-2)
- Foster, W. (1996). Poker Chip Factory Workshop. Dans *Annual International Conference Proceedings - American Production and Inventory Control Society* (p. 159-160).
- Galizia, F. G., ElMaraghy, H., Bortolini, M., et Mora, C. (2020). Product platforms design, selection and customisation in high-variety manufacturing. *International Journal of Production Research*, 58(3), 893-911. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1602745>
- Gao, H., Ju, Y., Santibanez Gonzalez, E. D. R., et Zhang, W. (2020). Green supplier selection in electronics manufacturing: An approach based on consensus decision making. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118781. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118781>
- García Alcaraz, J. L., Maldonado Macías, A. A., Prieto Luevano, D. J., Blanco Fernández, J., Gil López, A. de J., et Jiménez Macías, E. (2016). Main benefits obtained from a successful JIT implementation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86(9-12), 2711-2722. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8399-5>
- Garetti, M., et Taisch, M. (2012). Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Production Planning & Control*, 23(2-3), 83-104. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.591619>
- Gastermann, B. C., Stopper, M., et Katalinic, B. (2012). Adapting CONWIP Characteristics for Conventional Production Planning. *Daaam International Scientific Book*, 553-564. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2012.46>
- Gaury, E. G. A., Pierreval, H., et Kleijnen, J. P. . (2000). An evolutionary approach to select a pull system among Kanban, Conwip and Hybrid. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 11, 157–167. <https://doi.org/10.1023/A:1008938816257>
- Gavani, S. S., Zohrebandian, M., et Sadeghi, N. (2017). Selecting dispatching rule in manufacturing systems via DEA cross efficiency. *International Journal of Information and Decision Sciences*, 9(2), 168. <https://doi.org/10.1504/IJIDS.2017.084887>

- Gelders, L. F., et Van Wassenhove, L. N. (1985). Capacity planning in MRP, JIT and OPT: A critique. *Engineering Costs and Production Economics*, 9(1-3), 201-209. [https://doi.org/10.1016/0167-188X\(85\)90029-1](https://doi.org/10.1016/0167-188X(85)90029-1)
- Germes, R., et Riezebos, J. (2010). Workload balancing capability of pull systems in MTO production. *International Journal of Production Research*, 48(8), 2345-2360. <https://doi.org/10.1080/00207540902814314>
- Ghaleb, A. M., Kaid, H., Alsamhan, A., Mian, S. H., et Hidri, L. (2020). Assessment and Comparison of Various MCDM Approaches in the Selection of Manufacturing Process. *Advances in Materials Science and Engineering*, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2020/4039253>
- Ghrayeb, O., Phojanamongkolkij, N., et Tan, B. A. (2009). A hybrid push/pull system in assemble-to-order manufacturing environment. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(4), 379-387. <https://doi.org/10.1007/s10845-008-0112-6>
- González-R, P. L., Framinan, J. M., et Pierreval, H. (2012). Token-based pull production control systems: an introductory overview. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 5-22. <https://doi.org/10.1007/s10845-011-0534-4>
- Govindan, K., Agarwal, V., Darbari, J. D., et Jha, P. C. (2019). An integrated decision making model for the selection of sustainable forward and reverse logistic providers. *Annals of Operations Research*, 273(1-2), 607-650. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2654-5>
- Govindan, K., Garg, K., Gupta, S., et Jha, P. C. (2016). Effect of product recovery and sustainability enhancing indicators on the location selection of manufacturing facility. *Ecological Indicators*, 67, 517-532. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.035>
- Govindan, K., et Sivakumar, R. (2016). Green supplier selection and order allocation in a low-carbon paper industry: integrated multi-criteria heterogeneous decision-making and multi-objective linear programming approaches. *Annals of Operations Research*, 238(1-2), 243-276. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-2004-4>
- Grubbström, R. W., et Wang, Z. (2003). A stochastic model of multi-level/multi-stage capacity-constrained production–inventory systems. *International Journal of Production Economics*, 81-82, 483-494. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00358-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00358-4)

- Guide, V. D. R., Srivastava, R., et Kraus, M. E. (1997). Product structure complexity and scheduling of operations in recoverable manufacturing. *International Journal of Production Research*, 35(11), 3179-3200. <https://doi.org/10.1080/002075497194345>
- Gupta, M., et Snyder, D. (2009). Comparing TOC with MRP and JIT: A literature review. *International Journal of Production Research*, 47(13), 3705-3739. <https://doi.org/10.1080/00207540701636322>
- Gupta, S. M., et Brennan, L. (1993). A knowledge based system for combined just-in-time and material requirements planning. *Computers & Electrical Engineering*, 19(2), 157-174. [https://doi.org/10.1016/0045-7906\(93\)90044-R](https://doi.org/10.1016/0045-7906(93)90044-R)
- Hadas, L., et Cyplik, P. (2007). The hybrid MRP/TOC system in make to order company - Case study. Dans *Proceedings of the 2007 International Symposium on Logistics and Industrial Informatics, LINDI 2007* (p. 59-61). <https://doi.org/10.1109/LINDI.2007.4343513>
- Haddou Benderbal, H., Dahane, M., et Benyoucef, L. (2017). Flexibility-based multi-objective approach for machines selection in reconfigurable manufacturing system (RMS) design under unavailability constraints. *International Journal of Production Research*, 55(20), 6033-6051. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1321802>
- Halgeri, P., Pei, Z. J., Iyer, K. S., Bishop, K., et Shehadeh, A. (2008). ERP Systems Supporting Lean Manufacturing: A Literature Review. Dans *2008 ASME International Manufacturing Science and Engineering Conference, Volume 1* (p. 541-549). ASMEDC. https://doi.org/10.1115/MSEC_ICMP2008-72542
- Harrod, S., et Kanet, J. J. (2013). Applying work flow control in make-to-order job shops. *International Journal of Production Economics*, 143(2), 620-626. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.02.017>
- Hassan, K., et Kajiwara, H. (2013). Application of Pull Concept-based Lean Production System in the Ship Building Industry. *Journal of Ship Production and Design*, 29(3), 105-116. <https://doi.org/10.5957/JSPD.29.3.120021>
- Hegazy, A. E.-F. A., El-Battah, M., et Kadry, M. (2012). Fuzzy-based framework for enterprise resource planning system selection. Dans *ICCTA 2012 - 22nd International Conference on Computer Theory and Applications* (p. 139-147). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/ICCTA.2012.6523560>

- Hegde, G., Shang, J., et Tadikamalla, P. (1991). An integrated approach for production planning— A case study. *Omega*, 19(5), 413-419. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(91\)90058-2](https://doi.org/10.1016/0305-0483(91)90058-2)
- Heger, J., Hildebrandt, T., et Scholz-Reiter, B. (2015). Dispatching rule selection with Gaussian processes. *Central European Journal of Operations Research*, 23(1), 235-249. <https://doi.org/10.1007/s10100-013-0322-7>
- Hemmati, N., Rahiminezhad Galankashi, M., Imani, D. M., et Farughi, H. (2018). Maintenance policy selection: a fuzzy-ANP approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(7), 1253-1268. <https://doi.org/10.1108/JMTM-06-2017-0109>
- Hendry, L., Land, M., Stevenson, M., et Gaalman, G. (2008). Investigating implementation issues for workload control (WLC): A comparative case study analysis. *International Journal of Production Economics*, 112(1), 452-469. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.05.012>
- Henriques de Gusmão, A. P., et Pereira Medeiros, C. (2016). A Model for Selecting a Strategic Information System Using the FITradeoff. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2016/7850960>
- Hicks, C., et Powell, D. (2013). Integrating Lean and ERP in engineer/make-to-order subsea companies. Dans *22nd International Conference on Production Research*. Foz de Iguazu, Brazil.
- Hlioui, R., Gharbi, A., et Hajji, A. (2017). Joint supplier selection, production and replenishment of an unreliable manufacturing-oriented supply chain. *International Journal of Production Economics*, 187, 53-67. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.02.004>
- Ho, J. C., et Chang, Y. L. (2001). An integrated MRP and JIT framework. *Computers and Industrial Engineering*, 41(2), 173-185. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(01\)00052-3](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(01)00052-3)
- Hodgson, T. J., et Wang, D. (1991a). Optimal hybrid push/pull control strategies for a parallel multistage system: Part I. *International Journal of Production Research*, 29(6), 1279-1287. <https://doi.org/10.1080/00207549108930133>
- Hodgson, T. J., et Wang, D. (1991b). Optimal hybrid push/pull control strategies for a parallel multistage system: Part II. *International Journal of Production Research*, 29(7), 1453-1460.

<https://doi.org/10.1080/00207549108948022>

- Hong, P., et Leffakis, Z. M. (2017). Managing demand variability and operational effectiveness: case of lean improvement programmes and MRP planning integration. *Production Planning & Control*, 28(13), 1066-1080. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1329956>
- Hosseini-Nasab, H., Dehghanbaghi, M., Antucheviciene, J., et Mehrabanfar, E. (2016). An Integrated Grey-Based Approach for Multi FMSs Combination Selection. *Informatica*, 27(4), 733-754. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2016.109>
- Houti, M., El Abbadi, L., et Abouabdellah, A. (2016). Lean ERP: A hybrid approach Push /Pull. Dans *Proceedings of the Third IEEE International Conference on Logistics Operations Management, GOL 2016*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/GOL.2016.7731702>
- Huang, H. H. (2002). Integrated production model in agile manufacturing systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20(7), 515-525. <https://doi.org/10.1007/s001700200185>
- Huang, S., Lu, M., et Wan, G. (2011). Integrated order selection and production scheduling under MTO strategy. *International Journal of Production Research*, 49(13), 4085-4101. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.496797>
- Huq, Z., et Huq, F. (1994). Embedding JIT in MRP: The case of job shops. *Journal of Manufacturing Systems*, 13(3), 153-164. [https://doi.org/10.1016/0278-6125\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0278-6125(94)90001-9)
- Hutter, T., Haeussler, S., et Missbauer, H. (2018). Successful implementation of an order release mechanism based on workload control: a case study of a make-to-stock manufacturer. *International Journal of Production Research*, 56(4), 1565-1580. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1369598>
- Hwang, B.-N., Chen, T.-T., et Lin, J. T. (2016). 3PL selection criteria in integrated circuit manufacturing industry in Taiwan. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(1), 103-124. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2014-0089>
- Ihme, M., et Stratton, R. (2015). Evaluating Demand Driven MRP: a case based simulated study. Dans *International Conference of the European Operations Management Association* (p. 1-10). Neuchâtel, Switzerland.

- Jaegler, Y., Jaegler, A., Burlat, P., Lamouri, S., et Trentesaux, D. (2017). The ConWip production control system: a systematic review and classification. *International Journal of Production Research*, 1-22. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1380325>
- Jain, V., Kumar, S., Kumar, A., et Chandra, C. (2016). An integrated buyer initiated decision-making process for green supplier selection. *Journal of Manufacturing Systems*, 41, 256-265. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.09.004>
- Jenab, K., Sarfaraz, A., Weinsier, P. D., Moeini, A., et Al-Ahmari, A. M. A. (2015). i-DEMATEL method for integrated manufacturing technology selection. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(3), 349-363. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2012-0079>
- Jeon, S. M., et Kim, G. (2016). A survey of simulation modeling techniques in production planning and control (PPC). *Production Planning & Control*, 27(5), 360-377. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1128010>
- Jiang, J., et Rim, S. C. (2016). Strategic Inventory Positioning in BOM with Multiple Parents Using ASR Lead Time. *Mathematical Problems in Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2016/9328371>
- Jonsson, P. (2008). Exploring problems related to the materials planning user environment. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 383-400. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.04.015>
- Jonsson, P., et Mattsson, S.-A. (2002). The selection and application of material planning methods. *Production Planning & Control*, 13(5), 438-450. <https://doi.org/10.1080/09537280210142763>
- Jonsson, P., et Mattsson, S.-A. (2003). The implications of fit between planning environments and manufacturing planning and control methods. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(8), 872-900. <https://doi.org/10.1108/01443570310486338>
- Jonsson, P., et Mattsson, S.-A. (2006). A longitudinal study of material planning applications in manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(9), 971-995. <https://doi.org/10.1108/01443570610682599>
- Kabak, M., et Metin. (2017). A hybrid approach based on ANP and grey relational analysis for

- machine selection. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette*, 24(Supplement 1).
<https://doi.org/10.17559/TV-20141123105333>
- Kahraman, C., Beskese, A., et Kaya, I. (2010). Selection among ERP outsourcing alternatives using a fuzzy multi-criteria decision making methodology. *International Journal of Production Research*, 48(2), 547-566. <https://doi.org/10.1080/00207540903175095>
- Kalinowski, K., Krenczyk, D., Paprocka, I., Kempa, W., et Grabowik, C. (2016). Multi-criteria evaluation methods in the production scheduling. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 145, 022019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/145/2/022019>
- Kang, H.-Y. (2011). A multi-criteria decision-making approach for capacity allocation problem in semiconductor fabrication. *International Journal of Production Research*, 49(19), 5893-5916. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.526151>
- Kazancoglu, Y., et Burmaoglu, S. (2013). ERP software selection with MCDM: application of TODIM method. *International Journal of Business Information Systems*, 13(4), 435. <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2013.055300>
- Kek, V., et S, V. (2016). LCA Integrated ANP Framework for Selection of Sustainable Manufacturing Processes. *Environmental Modeling & Assessment*, 21(4), 507-516. <https://doi.org/10.1007/s10666-015-9490-2>
- Khalil, M. F., Kassem, S. S., et Gadallah, M. (2017). A combined inventory and just in time policy under uncertainty: A simulation approach. *Journal of Engineering and Applied Science*, 64(3), 213-229.
- Khojasteh, Y., et Sato, R. (2015). Selection of a pull production control system in multi-stage production processes. *International Journal of Production Research*, 53(14), 4363-4379. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.1001530>
- Kinoshita, Y., Yamada, T., Gupta, S. M., Ishigaki, A., et Inoue, M. (2016). Disassembly parts selection and analysis for recycling rate and cost by goal programming. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 10(3), JAMDSM0052-JAMDSM0052. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2016jamdsm0052>
- Kłos, S., et Trebiina, P. (2014). Using the AHP Method to Select an ERP System for an SME Manufacturing Company. *Management and Production Engineering Review*, 5(3), 14-22.

<https://doi.org/10.2478/mper-2014-0023>

- Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A., et Amorrortu, I. (2018). Material management without forecasting: From MRP to demand driven MRP. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 632. <https://doi.org/10.3926/jiem.2654>
- Krajewski, L. J., King, B. E., Ritzman, L. P., et Wong, D. S. (1987). Kanban, MRP, and Shaping the Manufacturing Environment. *Management Science*, 33(1), 39-57. <https://doi.org/10.1287/mnsc.33.1.39>
- Krishnamurthy, A., et Suri, R. (2009). Planning and implementing POLCA: A card-based control system for high variety or custom engineered products. *Production Planning & Control*, 20(7), 596-610. <https://doi.org/10.1080/09537280903034297>
- Kumar, P., Singh, R. K., et Vaish, A. (2017). Suppliers' green performance evaluation using fuzzy extended ELECTRE approach. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19(3), 809-821. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1268-y>
- Kumar, S., Gorane, S., et Kant, R. (2015). Modelling the supplier selection process enablers using ISM and fuzzy MICMAC approach. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 30(5), 536-551. <https://doi.org/10.1108/JBIM-01-2013-0012>
- Kumar, S., et Meade, D. (2002). Has MRP run its course? A review of contemporary developments in planning systems. *Industrial Management & Data Systems*, 102(8), 453-462. <https://doi.org/10.1108/02635570210445880>
- Kumru, M., et Kumru, P. Y. (2015). A fuzzy ANP model for the selection of 3D coordinate-measuring machine. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(5), 999-1010. <https://doi.org/10.1007/s10845-014-0882-y>
- Lai, H.-H., Lin, Y.-C., Yeh, C.-H., et Wei, C.-H. (2006). User-oriented design for the optimal combination on product design. *International Journal of Production Economics*, 100(2), 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.11.005>
- Landry, S., Duguay, C. R., Chaussé, S., et Themens, J. L. (1997). Integrating MRP, kanban and barcoding systems to achieve JIT procurement. *Production and Inventory Management Journal*, 38(1), 8-12.

- Lee, C. J., et Rim, S. C. (2019). A Mathematical Safety Stock Model for DDMRP Inventory Replenishment. *Mathematical Problems in Engineering*.
<https://doi.org/10.1155/2019/6496309>
- Lee, C. Y. (1993). A Recent Development of the Integrated Manufacturing System: A Hybrid of MRP and JIT. *International Journal of Operations & Production Management*, 13(4), 3-17.
<https://doi.org/10.1108/01443579310027752>
- Lee, Y., et Shin, H.-J. (1996). CIM implementation through JIT and MRP integration. *Computers and Industrial Engineering*, 31(3-4), 609-612. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(96\)00289-6](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(96)00289-6)
- Leo Kumar, S. P. (2019). Knowledge-based expert system in manufacturing planning: state-of-the-art review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4766-4790.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1424372>
- Li, A., Zhao, J., Gong, Z., et Lin, F. (2016). Optimal selection of cutting tool materials based on multi-criteria decision-making methods in machining Al-Si piston alloy. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86(1-4), 1055-1062.
<https://doi.org/10.1007/s00170-015-8200-1>
- Li, Y. X., Liu, M. H., et Li, Z. L. (2012). The Dual Implementation of Lean and ERP in Manufacturing. *Advanced Materials Research*, 591-593, 400-404.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.591-593.400>
- Lin, D., Lee, C. K. M., et Zhou, X. (2018). Integration of TOC and ERP in Production Planning. Dans *LISS 2018 - 8th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences* (p. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/LISS.2018.8593237>
- Liu, A., Zhang, Y., Lu, H., Tsai, S.-B., Hsu, C.-F., et Lee, C.-H. (2019). An Innovative Model to Choose E-Commerce Suppliers. *IEEE Access*, 7, 53956-53976.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908393>
- Liu, G., et Ye, J. (2018). Intelligent selection of strategic alliance partners in automobile manufacturing industry based on DEA and grey system theory. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 35(3), 2685-2696. <https://doi.org/10.3233/JIFS-169620>

- Liu, H.-C., Yang, M., Zhou, M., et Tian, G. (2019). An Integrated Multi-Criteria Decision Making Approach to Location Planning of Electric Vehicle Charging Stations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(1), 362-373. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2815680>
- Liu, J., Li, C., Yang, F., Wan, H., et Uzsoy, R. (2011). Production planning for semiconductor manufacturing via simulation optimization. Dans *Proceedings of the Winter Simulation Conference* (p. 3612-3622). <https://doi.org/10.1109/WSC.2011.6148055>
- Liu, L., et Qi, E.-S. (2008). Research of Production Logistics System in Car Factory Based on Advanced Planning and Scheduling. Dans *4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing* (p. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.2881>
- Liu, W., Zhu, Z., et Ye, S. (2020). A decision-making methodology integrated in product design for additive manufacturing process selection. *Rapid Prototyping Journal*, 26(5), 895-909. <https://doi.org/10.1108/RPJ-06-2019-0174>
- Lolli, F., Ishizaka, A., Gamberini, R., et Rimini, B. (2017). A multicriteria framework for inventory classification and control with application to intermittent demand. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 24(5-6), 275-285. <https://doi.org/10.1002/mcda.1620>
- Lowe, J., et Sim, A. B. (1993). The diffusion of a manufacturing innovation: the case of JIT and MRPII. *International Journal of Technology Management*, 8(3/4/5), 244. <https://doi.org/10.1504/ijtm.1993.025773>
- Lukic, D., Milosevic, M., Antic, A., Borojevic, S., et Ficko, M. (2017). Multi-criteria selection of manufacturing processes in the conceptual process planning. *Advances in Production Engineering & Management*, 12(2), 151-162. <https://doi.org/10.14743/apem2017.2.247>
- Ma, F., Zhao, Y., Pu, Y., et Li, J. (2018). A Comprehensive Multi-Criteria Decision Making Model for Sustainable Material Selection Considering Life Cycle Assessment Method. *IEEE Access*, 6, 58338-58354. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2875038>
- Malik, K. S., et Hemalatha, P. K. (2011). ERP and TOC collaboration: the whole is greater than the sum of the parts. *International Journal of Collaborative Enterprise*, 2(1), 102. <https://doi.org/10.1504/ijcent.2011.040668>

- Maniatis, P. (1998). Integrating the JIT philosophy and manufacturing resources planning in the factory of the future. *International Journal of Materials and Product Technology*, 13(3-6), 477-481. <https://doi.org/10.1504/IJMPT.1998.036254>
- Maram, V., Sultan, S. J., Omar, M. F. Bin, et Bommisetty, V. N. R. (2019). Selection of software in manufacturing operations using analytic hierarchy process. Dans *AIP Conference Proceedings* (p. 040016). <https://doi.org/10.1063/1.5121095>
- Marques, D. M. N., et Guerrini, F. M. (2012). Reference model for implementing an MRP system in a highly diverse component and seasonal lean production environment. *Production Planning & Control*, 23(8), 609-623. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.572469>
- Martin, G., Baptiste, P., Lamothe, J., Miclo, R., et Lauras, M. (2018). A process map for the demand driven adaptive enterprise model: Towards an explicit cartography. Dans *ILS 2018 - International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain* (p. 664-672). Lyon, France.
- Martin, G., Lauras, M., Baptiste, P., Lamothe, J., Fouqu, A., et Miclo, R. (2019). Process control and decision-making for Demand Driven Sales and Operations Planning. Dans *Proceedings of the 2019 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IESM 2019* (p. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IESM45758.2019.8948077>
- Matičević, G., Majdandžić, N., et Lovrić, T. (2008). Production scheduling model in aluminium foundry. *Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 54(1), 37-48.
- Metan, G., Sabuncuoglu, I., et Pierreval, H. (2010). Real time selection of scheduling rules and knowledge extraction via dynamically controlled data mining. *International Journal of Production Research*, 48(23), 6909-6938. <https://doi.org/10.1080/00207540903307581>
- Méxas, M. P., Quelhas, O. L. G., Costa, H. G., et Lameira, V. de J. (2013). A Set of Criteria for Selection of Enterprise Resource Planning (ERP). *International Journal of Enterprise Information Systems*, 9(2), 44-69. <https://doi.org/10.4018/jeis.2013040103>
- Mian, S. H., et Al-Ahmari, A. (2019). Comparative analysis of different digitization systems and selection of best alternative. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(5), 2039-2067. <https://doi.org/10.1007/s10845-017-1371-x>

- Miclo, R., Fontanili, F., Luras, M., Lamothe, J., et Milian, B. (2015). MRP vs. Demand-driven MRP: Towards an objective comparison. Dans *Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IESM 2015* (p. 1072-1080). <https://doi.org/10.1109/IESM.2015.7380288>
- Miclo, R., Fontanili, F., Luras, M., Lamothe, J., et Milian, B. (2016). An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP. Dans *International Federation of Automatic Control IFAC-PapersOnLine* (vol. 49, p. 1725-1730). <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.831>
- Miclo, R., Luras, M., Fontanili, F., Lamothe, J., et Melnyk, S. A. (2019). Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. *International Journal of Production Research*, 57(1), 166-181. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1464230>
- Miltenburg, J. (1997). Comparing JIT, MRP and TOC, and embedding TOC into MRP. *International Journal of Production Research*, 35(4), 1147-1169. <https://doi.org/10.1080/002075497195597>
- Ming-wei, J., et Shi-lian, L. (1992). A hybrid system of manufacturing resource planning and just-in-time manufacturing. *Computers in Industry*, 19(1), 151-155. [https://doi.org/10.1016/0166-3615\(92\)90015-F](https://doi.org/10.1016/0166-3615(92)90015-F)
- Mladineo, M., Veza, I., et Gjeldum, N. (2017). Solving partner selection problem in cyber-physical production networks using the HUMANT algorithm. *International Journal of Production Research*, 55(9), 2506-2521. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1234084>
- Mokhtar, S., Bahri, P. A., Moayer, S., et James, A. (2019). Supplier portfolio selection based on the monitoring of supply risk indicators. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 97, 101955. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.101955>
- Mondragon, A. E. C., Mastrocinque, E., Tsai, J.-F., et Hogg, P. J. (2019). An AHP and Fuzzy AHP Multifactor Decision Making Approach for Technology and Supplier Selection in the High-Functionality Textile Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-14. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2923286>
- Mouelhi-Chibani, W., et Pierreval, H. (2010). Training a neural network to select dispatching rules in real time. *Computers & Industrial Engineering*, 58(2), 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.03.008>

- Müller, E., Tolujew, J., et Kienzle, F. (2014). Push-Kanban-a kanban-based production control concept for job shops. *Production Planning & Control*, 25(5), 401-413. <https://doi.org/10.1080/09537287.2012.701021>
- Nagendra, P. B., et Das, S. K. (1999). MRP/sfx: A kanban-oriented shop floor extension to MRP. *Production Planning & Control*, 10(3), 207-218. <https://doi.org/10.1080/095372899233172>
- Nair, A., Jayaram, J., et Das, A. (2015). Strategic purchasing participation, supplier selection, supplier evaluation and purchasing performance. *International Journal of Production Research*, 53(20), 6263-6278. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1047983>
- Nasiri, M. M., Rahbari, A., Werner, F., et Karimi, R. (2018). Incorporating supplier selection and order allocation into the vehicle routing and multi-cross-dock scheduling problem. *International Journal of Production Research*, 56(19), 6527-6552. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1471241>
- Neely, A. D., et Byrne, M. D. (1992). A simulation study of bottleneck scheduling. *International Journal of Production Economics*, 26(1-3), 187-192. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(92\)90062-C](https://doi.org/10.1016/0925-5273(92)90062-C)
- Nguyen, V. D., et Martin, P. (2015). Product design-process selection-process planning integration based on modeling and simulation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(1-4), 187-201. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6446-7>
- Niknamfar, A. H., et Niaki, S. T. A. (2016). Soft time-windows for a bi-objective vendor selection problem under a multi-sourcing strategy: Binary-continuous differential evolution. *Computers & Operations Research*, 76, 43-59. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.06.003>
- Olaitan, O. A., et Geraghty, J. (2013). Evaluation of production control strategies for negligible-setup, multi-product, serial lines with consideration for robustness. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(3), 331-357. <https://doi.org/10.1108/17410381311318864>
- Olhager, J. (2013). Evolution of operations planning and control: From production to supply chains. *International Journal of Production Research*, 51(23-24), 6836-6843. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.761363>
- Olhager, J., et Wikner, J. (2000). Production planning and control tools. *Production Planning &*

Control, 11(3), 210-222. <https://doi.org/10.1080/095372800232180>

- Onyeocha, C. E., Khoury, J., et Geraghty, J. (2015). Robustness analysis of pull strategies in multi-product systems. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(4), 1125-1161. <https://doi.org/10.3926/jiem.1407>
- Orlicky, J. (1975). *Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management*. McGraw-Hill.
- Orue, A., Lizarralde, A., et Kortabarria, A. (2020). Demand Driven MRP – The need to standardise an implementation process. *International Journal of Production Management and Engineering*, 8(2), 65. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2020.12737>
- Özceylan, E., Kabak, M., et Dağdeviren, M. (2016). A fuzzy-based decision making procedure for machine selection problem. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 30(3), 1841-1856. <https://doi.org/10.3233/IFS-151895>
- Panaihfar, F., Heavey, C., et Byrne, P. (2015). Developing retailer selection factors for collaborative planning, forecasting and replenishment. *Industrial Management & Data Systems*, 115(7), 1292-1324. <https://doi.org/10.1108/IMDS-01-2015-0009>
- Park, K., Okudan Kremer, G. E., et Ma, J. (2018). A regional information-based multi-attribute and multi-objective decision-making approach for sustainable supplier selection and order allocation. *Journal of Cleaner Production*, 187, 590-604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.035>
- Paul, S. K. (2015). Supplier selection for managing supply risks in supply chain: a fuzzy approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 79(1-4), 657-664. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-6867-y>
- Petty, D. J., Stirling, M. D., Travis, L. C., et Bennett, R. (2000). Conditions for the successful implementation of finite capacity / MRPII hybrid control systems. Dans *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* (vol. 214, p. 847-851).
- Piengang, F. C. N., Beauregard, Y., et Kenné, J.-P. (2019). An APS software selection methodology integrating experts and decisions-maker's opinions on selection criteria: A case study. *Cogent Engineering*, 6(1), 1594509. <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1594509>

- Polus, G. B. C., et Weill, P. D. (1985). A new classification system for production control. Dans *Conference on Engineering Management 1985: Engineering Australia for World Competitiveness* (p. 5-10). Adelaide, Australia.
- Poon, J. L. (1991). Integration of MRP and JIT and its applicability in Hong Kong's industries. Dans *Technology Management: the New International Language* (p. 836-839). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PICMET.1991.183820>
- Powell, D. (2014). Integration of MRP Logic and Kanban Shopfloor Control. Dans *Evaluating Teacher Education Programs through Performance-Based Assessments* (p. 188-205). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5039-8.ch010>
- Powell, D., Alfnes, E., Strandhagen, J. O., et Dreyer, H. (2012). ERP support for lean production. Dans *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (vol. 384 AICT, p. 115-122). https://doi.org/10.1007/978-3-642-33980-6_14
- Powell, D., Alfnes, E., Strandhagen, J. O., et Dreyer, H. (2013). The concurrent application of lean production and ERP: Towards an ERP-based lean implementation process. *Computers in Industry*, 64(3), 324-335. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.12.002>
- Powell, D., Bas, I., et Alfnes, E. (2013). Integrating Lean and MRP: A Taxonomy of the Literature. Dans *Advances in Production Management Systems. Sustainable Production and Service Supply Chains SE - 60* (vol. 415, p. 485-492). https://doi.org/10.1007/978-3-642-41263-9_60
- Powell, D., Clegg, J. M., et Prasant, B. (2013). ERP systems in lean production: new insights from a review of lean and ERP literature. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(11/12), 1490-1510. <https://doi.org/10.1108/ijopm-07-2010-0195>
- Powell, D., Riezebos, J., et Strandhagen, J. O. (2013). Lean production and ERP systems in small- and medium-sized enterprises: ERP support for pull production. *International Journal of Production Research*, 51(2), 395-409. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.645954>
- Prakash, J., et Chin, J. F. (2015). Modified CONWIP systems: A review and classification. *Production Planning & Control*, 26(4), 296-307. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.898345>
- Ptak, C., et Smith, C. (2011). *Orlicky's material requirement planning* (3^e éd.). McGraw-Hill.

- Ptak, C., et Smith, C. (2016). *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. Industrial Press, Inc.
- Pu, Y., Ma, F., Zhang, J., et Yang, M. (2018). Optimal Lightweight Material Selection for Automobile Applications Considering Multi-Perspective Indices. *IEEE Access*, 6, 8591-8598. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2804904>
- Puchkova, A., Le Romancer, J., et McFarlane, D. (2016). Balancing Push and Pull Strategies within the Production System. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 66-71. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.012>
- Pun, K. F., Chin, K. S., et Wong, K. H. (1998). Implementing JIT/MRP in a PCB manufacturer. *Production and Inventory Management Journal*, 39(1), 10-16.
- Reimer, G. (1991). Material Requirements Planning and Theory of Constraints: Can They Coexist? A case study. *Production and Inventory Management Journal*, 32(4), 48.
- Riezebos, J. (2010). Design of POLCA material control systems. *International Journal of Production Research*, 48(5), 1455-1477. <https://doi.org/10.1080/00207540802570677>
- Romsdal, A., Arica, E., Strandhagen, J. O., et Dreyer, H. C. (2013). Tactical and operational issues in a hybrid MTO-MTS production environment: The case of food production. Dans *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (vol. 398, p. 614-621). https://doi.org/10.1007/978-3-642-40361-3_78
- Sanders, A., K. Subramanian, K. R., Redlich, T., et Wulfsberg, J. P. (2017). Industry 4.0 and Lean Management – Synergy or Contradiction? (p. 341-349). https://doi.org/10.1007/978-3-319-66926-7_39
- Sarfaraz, A., Jenab, K., et D'Souza, A. C. (2012). Evaluating ERP implementation choices on the basis of customisation using fuzzy AHP. *International Journal of Production Research*, 50(23), 7057-7067. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.654409>
- Schonsleben, P. (2000). Varying concepts of planning and control in enterprise logistics. *Production Planning & Control*, 11(1), 2-6. <https://doi.org/10.1080/095372800232432>
- Sharma, P., et Singhal, S. (2017). Implementation of fuzzy TOPSIS methodology in selection of procedural approach for facility layout planning. *The International Journal of Advanced*

- Manufacturing Technology*, 88(5-8), 1485-1493. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8878-8>
- Sharma, S., et Agrawal, N. (2010). Multi-criteria decision making for the selection of a production control policy. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 6(3), 321. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2010.035015>
- Sharma, S., et Sharma, B. (2016). Optimal selection of application loading on cloud services. *International Journal of Production Research*, 54(21), 6512-6531. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1173256>
- Sheu, C., et Wacker, J. G. (2001). Effectiveness of planning and control systems: An empirical study of US and Japanese firms. *International Journal of Production Research*, 39(5), 887-905. <https://doi.org/10.1080/00207540010009705>
- Shofa, M. J., Moeis, A. O., et Restiana, N. (2018). Effective production planning for purchased part under long lead time and uncertain demand: MRP Vs demand-driven MRP. Dans *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (vol. 337). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/337/1/012055>
- Shofa, M. J., et Widyarto, W. O. (2017). Effective production control in an automotive industry: MRP vs. demand-driven MRP. Dans *AIP Conference Proceedings* (vol. 1855, p. 020004-1 020004-9). Surakarta, Indonesia : American Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.4985449>
- Sillince, J. A. A., et Sykes, G. M. H. (1993). Integrating MRPII and JIT: A Management Rather Than a Technical Challenge. *International Journal of Operations & Production Management*, 13(4), 18-31. <https://doi.org/10.1108/01443579310027743>
- Singh, S., Olugu, E. U., Musa, S. N., Mahat, A. B., et Wong, K. Y. (2016). Strategy selection for sustainable manufacturing with integrated AHP-VIKOR method under interval-valued fuzzy environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(1-4), 547-563. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7553-9>
- Spencer, M. S. (1991). Using « The Goal » in an MRP system. *Production and Inventory Management Journal*, 32(4), 22-28. <https://doi.org/0897-8336>
- Spenhoff, P., Semini, M., Alfnes, E., et Strandhagen, J. O. (2014). The fit of planning methods for

- the part manufacturing industry, a case study. *Advances in Manufacturing*, 2(2), 165-172. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0075-0>
- Spenhoff, P., Semini, M., et Powell, D. (2016). Investigating production planning and control challenges in the semi-process industry, the case of a metal parts producer. Dans *IEEM 2016 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (p. 961-965). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798020>
- Steele, D. C., Philipoom, P. R., Malhotra, M. K., et Fry, T. D. (2005). Comparisons between drum-buffer-ropo and material requirements planning: A case study. *International Journal of Production Research*, 43(15), 3181-3208. <https://doi.org/10.1080/00207540500076704>
- Steger-Jensen, K., et Hvolby, H. H. (2008). Review of an ERP system supporting lean manufacturing. Dans *IFIP International Federation for Information Processing* (vol. 257, p. 67-74). https://doi.org/10.1007/978-0-387-77249-3_8
- Stevenson, M., Hendry, L. C., et Kingsman, B. G. (2005). A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International Journal of Production Research*, 43(5), 869-898. <https://doi.org/10.1080/0020754042000298520>
- Stevenson, W. J., et Benedetti, C. (2012). *La gestion des opérations produits et services* (3^e éd.). Chernelière Éducation Inc.
- Stockton, D. J., et Lindley, R. J. (1995). Implementing Kanbans within high variety/low volume manufacturing environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(7), 47-59. <https://doi.org/10.1108/01443579510090417>
- Su, W., Huang, S. X., Fan, Y. S., et Mak, K. L. (2015). Integrated partner selection and production–distribution planning for manufacturing chains. *Computers & Industrial Engineering*, 84, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.01.015>
- Swann, D. (1986). Using MRP for optimized schedules (Emulating OPT). *Production and Inventory Management Journal*, 27(2), 30-37.
- Taka, M., Raygor, S. P., Purohit, R., et Parashar, V. (2017). Selection of tool and work piece combination using Multiple Attribute Decision Making Methods for Computer Numerical Control turning operation. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 1199-1208.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.138>

- Takahashi, K., et Soshiroda, M. (1996). Comparing integration strategies in production ordering systems. *International Journal of Production Economics*, 44(1-2), 83-89. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00094-1](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00094-1)
- Tian, C., Zhou, G., Lu, Q., Zhang, J., Xiao, Z., et Wang, R. (2019). An integrated decision-making approach on cutting tools and cutting parameters for machining features considering carbon emissions. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 32(7), 629-641. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1610575>
- Trojanowska, J., Żywicki, K., et Pająk, E. (2011). Influence of Selected Methods of Production flow Control on Environment. Dans *Information Technologies in Environmental Engineering* (vol. 3, p. 695-705). https://doi.org/10.1007/978-3-642-19536-5_54
- Tyagi, V., Jain, A., et Jain, P. (2013). Towards Integrated Manufacturing Planning and Control: A Review and Classification. *IUP Journal of Operations*, 12(2), 57-79.
- Umble, M., Umble, E., et Von Deylen, L. (2001). Integrating enterprise resources planning and theory of constraints: a case study. *Production and Inventory Management Journal*, 2ndQuarter(2), 43-49.
- Usuga Cadavid, J. P., Lamouri, S., Grabot, B., Pellerin, R., et Fortin, A. (2020). Machine learning applied in production planning and control: a state-of-the-art in the era of industry 4.0. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(6), 1531-1558. <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01531-7>
- Velasco Acosta, A. P., Kerbrat, O., Achiche, S., et Baptiste, P. *An exploratory review of integrated and hybrid manufacturing planning and control methods.*
- Velasco Acosta, A. P., Mascle, C., et Baptiste, P. (2017). L'applicabilité de l'approche demand-driven MRP dans un environnement complexe. Dans *CIGI 2017 - 12ème édition du Congrès International de Génie Industriel*. Compiègne, France.
- Velasco Acosta, A. P., Mascle, C., et Baptiste, P. (2020). Applicability of Demand-Driven MRP in a complex manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 58(14), 4233-4245. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650978>
- Velmurugan, R. S., et Dhingra, T. (2015). Maintenance strategy selection and its impact in

- maintenance function. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(12), 1622-1661. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2014-0028>
- Vidal, J., Luras, M., Lamothe, J., et Miclo, R. (2020). Toward an Aggregate Approach for Supporting Adaptive Sales And Operations Planning. Dans *ICIEA 2020 - 7th IEEE International Conference on Industrial Engineering and Applications* (p. 1031-1038). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIEA49774.2020.9102060>
- Vollmann, T. E. (1986). OPT as an enhancement to MRP-II. *Production and Inventory Management Journal*, 27(2), 38-47.
- Wang, C.-N., Nguyen, X.-T., et Wang, Y.-H. (2016). Automobile Industry Strategic Alliance Partner Selection: The Application of a Hybrid DEA and Grey Theory Model. *Sustainability*, 8(2), 173. <https://doi.org/10.3390/su8020173>
- Wang, D. (1993). Optimization of Control Strategies and Buffer Sizes in Discrete Manufacturing Systems. Dans *IFAC Proceedings Volumes* (vol. 26, p. 261-264). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)48467-9](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)48467-9)
- Wang, D., et Xu, C. G. (1997). Hybrid push/pull production control strategy simulation and its applications. *Production Planning & Control*, 8(2), 142-151. <https://doi.org/10.1080/095372897235406>
- Wang, H. S., Tu, C. H., et Chen, K. H. (2015). Supplier Selection and Production Planning by Using Guided Genetic Algorithm and Dynamic Nondominated Sorting Genetic Algorithm II Approaches. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2015/260205>
- Womack, J. P., et Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.
- Wu, C.-C., Shiao, J.-J. H., Pearn, W. L., et Hung, H.-N. (2016). A Bayesian approach for group supplier selections based on the popular process-capability-index C pk. *Quality Technology & Quantitative Management*, 13(2), 109-123. <https://doi.org/10.1080/16843703.2016.1169674>
- Wu, C., et Barnes, D. (2016). Partner selection for reverse logistics centres in green supply chains: a fuzzy artificial immune optimisation approach. *Production Planning & Control*, 27(16),

1356-1372. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1221159>

- Wu, Q., Zhou, L., Chen, Y., et Chen, H. (2019). An integrated approach to green supplier selection based on the interval type-2 fuzzy best-worst and extended VIKOR methods. *Information Sciences*, 502, 394-417. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.06.049>
- Wu, Z., Ahmad, J., et Xu, J. (2016). A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information. *Applied Soft Computing*, 42, 314-324. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.02.007>
- Wudhikarn, R., Chakpitak, N., et Neubert, G. (2015). Use of an Analytic Network Process and Monte Carlo Analysis in New Product Formula Selection Decisions. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 32(02), 1550007. <https://doi.org/10.1142/S0217595915500074>
- Wuttipornpun, T., et Yenradee, P. (2007). Performance of TOC based finite capacity material requirement planning system for a multi-stage assembly factory. *Production Planning & Control*, 18(8), 703-715. <https://doi.org/10.1080/09537280701702061>
- Xiong, G., et Nyberg, T. R. (2000). Push/pull production plan and schedule used in modern refinery CIMS. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 16(6), 397-410. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(00\)00023-5](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(00)00023-5)
- Xiong, G., Xiong, G. Y., et Nyberg, T. R. (2001). Push/pull based production plan & schedule strategy. Dans *IETFA 2001 - IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation* (vol. 2, p. 637-640). <https://doi.org/10.1109/etfa.2001.997746>
- Xue, D., Liu, X., Wang, X., et Bai, Z. (2006). Design of an integrated production management mode for equipment manufacturing enterprises. Dans *CAIDC 2006 - 7th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design*. <https://doi.org/10.1109/CAIDCD.2006.329359>
- Yu, C., et Wong, T. N. (2015). A product bundle determination model for multi-product supplier selection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(2), 369-385. <https://doi.org/10.1007/s10845-013-0790-6>
- Yue, W., Wang, C., et Zhang, Q. (2008a). Research on the shipbuilding logistics system under modern shipbuilding. Dans *Proceedings of the ISECS International Colloquium on*

- Computing, Communication, Control, and Management, CCCM 2008* (vol. 3, p. 222-225). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCCM.2008.88>
- Yue, W., Wang, C., et Zhang, Q. (2008b). Study on the shipbuilding production management system under modern shipbuilding. Dans *Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, IEEE/SOLI 2008* (vol. 1, p. 261-264). <https://doi.org/10.1109/SOLI.2008.4686402>
- Zäpfel, G., et Missbauer, H. (1993). New concepts for production planning and control. *European Journal of Operational Research*, 67(3), 297-320. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90287-W](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90287-W)
- Zhang, J., et Liu, W. (2011). Research on the production control management of the mass customization kitchen cabinet enterprises. Dans *Proceedings of the 4th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2011* (vol. 2, p. 472-475). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIII.2011.259>
- Zhang, Q., Cheng, G., Wang, Z., et He, B. (2009). Research on MRP/JIT integration and application in medical equipment production management concerned with spare part manufacturing. Dans *IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (p. 1106-1110). <https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5372958>
- Zhang, X. (2019). User selection for collaboration in product development based on QFD and DEA approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(5), 2231-2243. <https://doi.org/10.1007/s10845-017-1386-3>
- Zielsdorff, C., McGinnis, C., Daim, T., et Basoglu, N. (2010). Enterprise resource planning (ERP) selection for a medical devices manufacturing company. *International Journal of Business Information Systems*, 6(2), 265. <https://doi.org/10.1504/IJBIS.2010.034357>

ANNEXE A PRINCIPAUX SUJETS DE SÉLECTION LIÉE À LA FABRICATION DANS LA LITTÉRATURE ENTRE 2015 ET 2020

Les catégories ont été adaptées de Esmailian et al. (2016). La requête de recherche utilisée est : “selection” AND “manufacturing” AND “decision making” AND (“planning” OR “control”) dans deux bases de données : COMPENDEX et ABI-INFORM.

Catégorie	Sujet	Approche/technique de sélection
Technologie et équipement	Machine ou outils	<ul style="list-style-type: none"> - FANP (Kumru et Kumru, 2015 ; Özceylan et al., 2016) - Fuzzy linguistic VIKOR (Z. Wu et al., 2016) - AHP et entropy weight (A. Li et al., 2016) - ANP et GRA (Kabak et Metin, 2017) - SAW et WPM (Taka et al., 2017) - FSMART et FWAD (Çakır, 2018) - HFAHP (Camci et al., 2018) - Knowledge-based expert system (Leo Kumar, 2019) - Fuzzy-TOPSIS et RSM (Biswas et al., 2019)
	Processus ou technologie de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> - Interval-DEMATEL (Jenab et al., 2015) - AR (Farooq et O’Brien, 2015) - Programmation mathématique (Bonatsos et al., 2016) - Sondage et analyse de corrélation (Coronado Mondragon et al., 2017) - <i>Framework</i> conceptuel (évaluation et ranking) (Lukic et al., 2017) - AHP, FAHP (Mondragon et al., 2019) - AHP, TOPSIS et VIKOR (Ghaleb et al., 2020)
	Systèmes d’information	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode FITradeOff (Henriques de Gusmão et Pereira Medeiros, 2016)
Aspects de la planification	Outils <i>Lean</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Approche quantitative via collection de l’opinion des experts (Alaskari et al., 2016) - Fuzzy QFD et fuzzy FMEA (Bhuvanesh Kumar et Parameshwaran, 2018)
	Règles d’expédition	<ul style="list-style-type: none"> - Gaussian process regression (Heger et al., 2015)
	Disposition des installations	<ul style="list-style-type: none"> - Fuzzy TOPSIS (P. Sharma et Singhal, 2017)
	Politique ou stratégie de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Framework</i> conceptuel (Velmurugan et Dhingra, 2015) - FANP (Hemmati et al., 2018) - AHP, QFD et BoD (Baidya et al., 2018)

Catégorie	Sujet	Approche/technique de sélection
Aspects de la chaîne d'approvisionnement	Fournisseur ou vendeur	<ul style="list-style-type: none"> - ISM et fuzzy MICMAC (S. Kumar et al., 2015) - Sondage, CFA et EFA (Nair et al., 2015) - Rule-based FIS (Paul, 2015) - Guided-GA et NSGA-II (H. S. Wang et al., 2015) - Clustering algorithm (Yu et Wong, 2015) - MIP et multi-cut Benders decomposition algorithm (Amorim et al., 2016) - MIP et improved GA (Cui, 2016) - Algorithme BCDE (Niknamfar et Niaki, 2016) - Bayesian (C.-C. Wu et al., 2016) - Formulation analytique, modélisation de simulation, analyse statistique et RSM (Hlioui et al., 2017) - Fuzzy ANP (Bodaghi et al., 2018) - MILP et TSSA (Nasiri et al., 2018) - TOPSIS, QFD et IFNs (A. Liu et al., 2019) - Simulation et <i>framework</i> d'optimization (Mokhtar et al., 2019)
	Partenaire	<ul style="list-style-type: none"> - Fuzzy DEMATEL (Panaihfar et al., 2015) - PSO, GA with learning scheme (Su et al., 2015) - Grey theory et DEA (G. Liu et Ye, 2018 ; C.-N. Wang et al., 2016)
	Logistique de tiers (3PL)	<ul style="list-style-type: none"> - Focus group et AHP (Hwang et al., 2016)
Conception pour la fabrication	Matériel	<ul style="list-style-type: none"> - AHP, TOPSIS, COPRAS et GA (Asodariya et al., 2018) - GRA hybride et TOPSIS (Pu et al., 2018)
	Développement ou conception de produits	<ul style="list-style-type: none"> - Module heuristique et TOPSIS (Favi et al., 2018) - PROMETHEE et Taguchi (Crnjac et al., 2019) - Fuzzy weighted average method, QFD, DEA (X. Zhang, 2019)
	Processus	<ul style="list-style-type: none"> - AHP (Nguyen et Martin, 2015)
	Nouveau produit	<ul style="list-style-type: none"> - ANP et analyse Monte Carlo (Wudhikarn et al., 2015)
	Plateforme de produits	<ul style="list-style-type: none"> - Phylogenetic tree decomposition (Galizia et al., 2020)
	Configuration du système d'usinage (FMS ou RMS)	<ul style="list-style-type: none"> - Grey system theory et GA (Hosseini-Nasab et al., 2016) - TOPSIS, NSGA-II (Haddou Benderbal et al., 2017)
Fabrication durable	Matériel durable	<ul style="list-style-type: none"> - TOPSIS, IEM et LCA (Ma et al., 2018)
	Usinage	<ul style="list-style-type: none"> - NSGA-II (Tian et al., 2019)
	Processus durable	<ul style="list-style-type: none"> - ANP et LCA (Kek et S, 2016)

Catégorie	Sujet	Approche/technique de sélection
Fabrication durable	Site ou emplacement	- TOPSIS et AHP (Govindan et al., 2016) - Grey DEMATEL et UL-MULTIMOORA (H.-C. Liu et al., 2019)
	Fournisseur durable ou vert	- CMS-DEA (Jain et al., 2016) - Fuzzy TOPSIS et MOLP (Govindan et Sivakumar, 2016) - Fuzzy extended ELECTRE (P. Kumar et al., 2017) - Multi-attribute utility theory et MOILP (Park et al., 2018) - IT2FBWM et VIKOR (Q. Wu et al., 2019) - Group consensus decision making framework et consensus convergent algorithm (Gao et al., 2020)
	Fournisseurs de logistique inverse de tiers (3PRLP)	- Fuzzy set theory et artificial immune optimization (C. Wu et Barnes, 2016) - FAHP et TOPSIS (Govindan et al., 2019)
	Stratégie durable	- AHP et VIKOR (Singh et al., 2016)
	Pièces de désassemblage	- Programmation par objectif (Kinoshita et al., 2016)
Nouvelle fabrication	Cloud manufacturing: - Chargement de l'application - Systèmes de numérisation	- Mixed integer non-linear programming (S. Sharma et Sharma, 2016) - Combination de GEM, AHP, TOPSIS, ELECTRE, SAW (Mian et Al-Ahmari, 2019)
	Cyber-physical systems: Partenaire	- HUMANT algorithm (Mladineo et al., 2017)
Fabrication avancée (Fabrication additive)	Processus	- AHP (W. Liu et al., 2020)
	Paramètres du processus	- ANN, RSM (Aggarwal et al., 2018)
	Orientation des pièces	- Algorithmes et règles (Al-Ahmari et al., 2018)
	Pièces de rechange	- TOPSIS, clustering analysis et design science (Chaudhuri et al., 2020)

Légende. FANP - Fuzzy analytic network process; VIKOR - ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje; AHP - Analytic hierarchy process; ANP - Analytic network process; GRA - grey relational analysis; SAW - Simple additive weighting; WPM - weighted product method; FSMART – Fuzzy simple multi-attribute rating technique; FWAD - Fuzzy weighted axiomatic design; HFAHP –

Hesitant fuzzy analytic hierarchy process; TOPSIS - Technique for order preference by similarity to ideal solution; RSM - Response surface methodology; DEMATEL - Decision-making trial and evaluation laboratory; AR - Action research; FAHP - Fuzzy analytic hierarchy process; QFD - quality function deployment; FMEA - Failure mode and effects analysis; BoD - Benefit of doubt; ISM - Interpretive structural modelling; MICMAC - Cross-impact matrix multiplication applied to classification; CFA – Confirmatory factor analysis; EFA - Exploratory factor analysis; FIS - Fuzzy inference system; GA – genetic algorithm; NSGA-II - Nondominated sorting genetic algorithm II; MIP - Mixed integer programming; BCDE - Binary continuous differential evolution; MILP - Mixed-integer linear programming; TSSA - two-stage solution algorithm; IFNs - Intuitionistic fuzzy numbers; PSO - Particle swarm optimization; DEA - Data envelopment analysis; COPRAS - Complex proportional assessment; PROMETHEE - Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations; IEM – Information entropy method; LCA - Life cycle assessment; UL-MULTIMOORA – Uncertain linguistic multi-objective optimization by ratio analysis plus full multiplicative form; CMS - Carbon market sensitive; MOLP - multi-objective linear programming; ELECTRE - Elimination and choice expressing reality; MOILP - multi-objective integer linear programming; IT2FBWM - Interval type-2 fuzzy best-worst method; GEM - Group eigenvalue method; HUMANT - Humanoid ant; ANN - Artificial neural network.

ANNEXE B RÉFÉRENCES CHAPITRE 2

Les références suivantes ont été citées par ordre d'apparition dans les Tables 2.3, 2.4 et 2.5.

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| [2] Miclo et al. (2019) | [34] Huang (2002) |
| [4] Benton et Shin (1998) | [35] Chen et Jiang (2008) |
| [5] Powell, Alfnes, et al. (2013) | [36] Yue et al. (2008b) |
| [7] Gupta et Snyder (2009) | [37] Matičević et al. (2008) |
| [10] Hadas et Cyplik (2007) | [38] Flapper et al. (1991) |
| [17] Gelders et Van Wassenhove (1985) | [39] Poon (1991) |
| [18] Vollmann (1986) | [40] Ming-wei et Shi-lian (1992) |
| [19] Swann (1986) | [41] Lee (1993) |
| [20] Reimer (1991) | [42] Huq et Huq (1994) |
| [21] Spencer (1991) | [43] Lee et Shin (1996) |
| [22] Hegde et al. (1991) | [44] Pun et al. (1998) |
| [23] Miltenburg (1997) | [45] Xue et al. (2006) |
| [24] Steele et al. (2005) | [46] Yue et al. (2008a) |
| [25] Wuttiornpun et Yenradee (2007) | [47] Zhang et al. (2009) |
| [26] Foster (1996) | [48] Zhang et Liu (2011) |
| [27] Bell et Weheba (2018) | [49] Foo et Kinney (1990) |
| [28] Petty et al. (2000) | [50] Wang et Xu (1997) |
| [29] Umble et al. (2001) | [51] Boersma et Kingma (2005) |
| [30] Malik et Hemalatha (2011) | [52] Cheikhrouhou et al. (2009) |
| [31] Lin et al. (2018) | [53] Khalil et al. (2017) |
| [32] de Vaan (1992) | [54] Ho et Chang (2001) |
| [33] Neely et Byrne (1992) | [55] Gupta et Brennan (1993) |

- [56] Belt (1987)
- [57] Ding et Yuen (1991)
- [58] Stockton et Lindley (1995)
- [59] Landry et al. (1997)
- [60] Fortulan et Gonçalves Filho (1997)
- [61] Nagendra et Das (1999)
- [62] Liu et Qi (2008)
- [63] De Smet et Gelders (1998)
- [64] Ghrayeb et al. (2009)
- [65] Powell (2014)
- [66] Hodgson et Wang (1991a)
- [67] Hodgson et Wang (1991b)
- [68] Deleersnyder et al. (1992)
- [69] Wang (1993)
- [70] Takahashi et Soshiroda (1996)
- [71] Discenza et McFadden (1988)
- [72] Sillince et Sykes (1993)
- [73] Lowe et Sim (1993)
- [74] Maniatis (1998)
- [75] Beamon et Bermudo (2000)
- [76] Xiong et Nyberg (2000)
- [77] Cochran et Kaylani (2008)
- [78] Xiong et al. (2001)
- [79] Müller et al. (2014)
- [80] Halgeri et al. (2008)
- [81] Alaskari et al. (2012)
- [82] Marques et Guerrini (2012)
- [83] Hicks et Powell (2013)
- [84] Powell, Riezebos et al. (2013)
- [85] Powell, Bas et al. (2013)
- [86] Powell, Clegg et al. (2013)
- [87] Houti et al. (2016)
- [88] Steger-Jensen et Hvolby (2008)
- [89] Powell et al. (2012)
- [90] Hong et Leffakis (2017)
- [91] Li et al. (2012)
- [92] Gastermann et al. (2012)
- [93] Prakash et Chin (2015)
- [94] Jaegler et al. (2017)
- [95] Krishnamurthy et Suri (2009)
- [96] Riezebos (2010)
- [97] Hendry et al. (2008)
- [98] Romsdal et al. (2013)
- [99] Hutter et al. (2018)
- [100] Ptak et Smith (2011)
- [101] Ptak et Smith (2016)
- [102] Jiang et Rim (2016)
- [103] Martin et al. (2018)

- [104] Baptiste (2018)
- [105] Bayard et Grimaud (2018)
- [106] Bahu et al. (2019)
- [107] Velasco Acosta et al. (2020)
- [108] Orue et al. (2020)
- [109] Vidal et al. (2020)
- [110] Ihme et Stratton (2015)
- [111] Miclo et al. (2015)
- [112] Miclo et al. (2016)
- [113] Shofa et Widyanto (2017)
- [114] Shofa et al. (2018)
- [115] Kortabarria et al. (2018)
- [116] Lee et Rim (2019)
- [117] Dessevre et al. (2019)
- [118] Martin et al. (2019)

ANNEXE C DESCRIPTION DES *FRAMEWORKS* EXISTANTS DE MÉTHODES HYBRIDES ET INTÉGRÉES

C.1 MRP - TOC

Miltenburg (1997) poursuit la recherche commencée par Spencer (1991) en détaillant le *framework* hybride du MRP – TOC en 5 étapes. Une fois que la contrainte est identifiée, un plan est développé pour celle-ci (Miltenburg, 1997). Petty et al. (2000) ont proposé SIS (en anglais *Short Interval Scheduling*) pour surmonter les limitations de MRPII en ordonnancement. Umble et al. (2001) ont proposé un *framework* de deux étapes: d'abord, le plan du *drum* qui varie selon le type d'environnement manufacturier (c.-à-d. MTS ou MTO) est déterminé. Ensuite, le calcul du *rope* est effectué par explosion de la nomenclature du système ERP pour générer les commandes de fabrication. Hadas et Ciplik (2007) ont développé un *framework* générique de deux niveaux et l'ont adapté pour un fabricant dans l'industrie navale. Wuttipornpun et Yenradee (2007) ont proposé une planification des besoins en matériaux de capacité finie basée sur la philosophie TOC. Plus tard, Lin et al. (2018) ont conçu le premier *framework* conceptuel de ERP – TOC qui comprend six modules. TOC a été implémenté dans le module d'ordonnancement et génère les modifications nécessaires en production pour les ressources qui sont des contraintes ou pas (Lin et al., 2018).

C.2 MRP – JIT – TOC

Huang (2002) a présenté cinq étapes d'implémentation de ce modèle en deux parties : chargement et expédition. Yue et al. (2008b) a développé un *framework* de cette méthode pour la production de construction navale. Chen et Jiang (2008) ont construit un système intégré qui comprend MRPII – TOC et JIT – TOC, et ont mis en place six facteurs d'évaluation pour améliorer l'efficacité et la performance.

C.3 MRP – JIT

Foo et Kinney (1990) ont introduit leur architecture IPM (en anglais *Integrated Pull Manufacturing*) qui inclut le système MRP et le système manuel Kanban. Flapper et al. (1991) ont développé un *framework* technique MRP – JIT de trois étapes. D'abord, leur zone de stockage est éliminée pour faciliter la mise en évidence des problèmes, qui sont immédiatement résolus. Ensuite, un système de contrôle à flux tiré est implémenté pour résoudre les problèmes qui pourraient apparaître dans un futur. La principale limitation de ce *framework* est que les pièces JIT n'ont pas

de suivi dans le MRP. Dix ans plus tard, Ho et Chang (2001) ont enrichi cette démarche en intégrant l'ordonnancement des opérations du JIT au MRP afin de déterminer l'échéancier détaillé d'un *job shop*.

Gupta et Brenan (1993) ont conçu une structure conceptuelle du modèle de fabrication JIT/MRP. Lee (1993) a développé un *framework* d'ordonnancement de trois niveaux de cette méthode hybride. Lee et Shin (1996) ont implémenté CIM (en anglais *Computer Integrated Manufacturing*) à travers l'intégration de MRP et JIT, qui a été possible en restructurant le BOM. Pun et al. (1998) ont construit l'architecture et le flux logique en quatre étapes de l'implémentation du modèle MRP/JIT proposé. Boersma et Kingma (2005) ont présenté le *framework* théorique de cet hybride développé et implémenté dans une compagnie. Zhang et al. (2009) ont présenté le flux de travail du MRP – JIT qui a été adopté comme solution dans la production de pièces de rechange en maintenance.

C.4 MRP – Kanban

Fortulan et Gonçalves Filho (1997) ont identifié cinq aspects essentiels pour l'intégration qui devront être analysés et vérifiés régulièrement. Ils ont présenté un aperçu de leur modèle de gestion en neuf éléments, dont la planification et le contrôle de la production font partie, pour un environnement répétitif. Nagendra et Das (1999) ont développé une méthode générique MRP/sfx (en anglais *shop floor extension*), qui inclut trois techniques de liaison : KCC (en anglais *Kanban Card Controller*), KP (en anglais *Kanban Prioritizer*) et DLTE (en anglais *Dynamic Lead Time Estimator*). Plus tard, Liu et Qi (2008) ont intégré ERP, APS (en anglais *Advanced Planning and Scheduling*) et JIT en utilisant l'architecture COBRA (en anglais *Common Object Request Broker Architecture*) afin de développer un système logistique de production pour l'industrie automobile. Ghrayeb et al. (2009) ont conçu un modèle générique hybride push-pull pour l'environnement ATO (en anglais *assemble-to-order*). Cheikhrouhou et al. (2009) ont introduit un *framework* du modèle DSSPL (en anglais *Double Speed Single Production Line*). Powell (2014) a présenté un *framework* pour l'intégration de MRP et Kanban. Müller et al. (2014) ont introduit le processus du concept de contrôle de production Push-Kanban. Les cinq composants de ce concept combinent la planification (plus précisément l'ordonnancement) à flux poussé et le mécanisme de contrôle de stocks géré par Kanban (Müller et al., 2014).

C.5 MRPII – JIT

Ming-wei et Shi-lian (1992) ont proposé trois systèmes hybrides MRPII – JIT : un comprenant deux types de production, un pour fabrication répétitive et un pour *job shop*. Xiong et al. (2001 ; 2000) ont présenté un *framework* de base et une architecture générale de cette méthode combinée pour CIMS (en anglais *Computer Integrated Manufacturing Systems*). Xue et al. (2006) ont proposé un mode de gestion de production intégrée multicouche incluant CPM, MRPII et JIT pour fabricants d'équipements. Yue et al. (2008a) ont développé un mode de logistique de construction navale basé sur MRPII et JIT. Zhang et Liu (2011) ont construit un système de gestion de production MRPII – JIT pour les fabricants de meubles de cuisine.

C.6 ERP – Lean

Steger-Jensen et Hvolby (2008) ont présenté la configuration de la planification et le contrôle de la fabrication incluant Kanban dans le système ERP d'une compagnie. Y. X. Li et al. (2012) ont proposé un flux de production ERP facilité par Lean, qui combine ERP et Kanban. Powell et al. (2012) ont introduit un *framework* théorique qui soutient les systèmes ERP dans la production Lean basé sur cinq principes et pratiques du Lean. Plus tard, Powell, Alfnes, et al. (2013 b) ont proposé un *framework* plus détaillé comprenant trois phases majeures. Marques et Guerrini (2012) ont présenté le type de notions nécessaires pour implémenter MRP (à travers ERP) dans un environnement de production métallurgique Lean. Le modèle réussi contrôlait quelques matériaux avec MRP, et autres avec Kanban.

C.7 Demand-driven MRP

Ptak et Smith (2011, 2016) ont conçu les cinq étapes consécutives du *Demand – Driven MRP*. Martin et al. (2018) ont développé une cartographie du modèle *Demand Driven Adaptive Enterprise*, qui représente une extension du modèle *Demand Driven* du DDMRP à des niveaux tactique et stratégique. Cette recherche a été approfondie en analysant et proposant un processus de contrôle pour le modèle opérationnel *Demand Driven* (Martin et al., 2019). Puis, Vidal et al. (2020) ont conçu le premier modèle pour le processus AS&OP (en anglais *Adaptive Sales and Operations Planning*). Dessevre et al. (2019) ont proposé un modèle d'ajustement dynamique du lead time découplé (en anglais *decoupled lead time DLT*).

ANNEXE D FORMULAIRE DU SONDAGE : SÉLECTION DE MÉTHODES

Ce sondage a été conçu en ligne en utilisant Lime Survey. La quantité de questions varie dépendamment des réponses préalables, ce qui rend le sondage plus dynamique.

D.1 Sondage : Sélection de méthodes

Objectif du sondage: Obtenir les caractéristiques des systèmes de production pour lesquels chacune des méthodes existantes de planification et de contrôle est la plus performante, afin de comparer le jugement d'experts aux données retrouvées dans la littérature.

La présente activité de recherche est financée par l'École Polytechnique de Montréal.

Ce sondage fait partie d'un projet de recherche visant à développer une approche hybride adaptée de planification et de contrôle de la fabrication de produits à faible volume et à nomenclature complexe permettant d'améliorer la performance en matière des niveaux de stocks et de service. Ce type d'environnement est retrouvé généralement dans l'industrie aéronautique.

Avant d'accepter de participer à ce projet, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent (aussi disponible dans le formulaire d'information et de consentement envoyé en pièce jointe par courriel).

Nature et durée de votre participation: Le sondage ne vous prendra que maximum 30 minutes à remplir. Vos réponses vont me permettre de construire une base de données d'experts, qui sera plus tard comparée aux données trouvées dans la littérature. Les participants doivent avoir une connaissance ou expertise sur les méthodes de planification et de contrôle de la fabrication et au moins un an d'expérience en lien avec la planification et le contrôle de la fabrication. Nous prévoyons avoir au moins 30 participants.

Avantages, inconvénients et risques pouvant découler de votre participation: Vous ne retirerez aucun bénéfice personnel de votre participation. Toutefois, les connaissances acquises grâce à votre participation permettront de contribuer à l'avancement des connaissances sur les méthodes de planification et de contrôle de la fabrication en validant l'information retrouvée dans la littérature. Vous pourriez éventuellement ne pas savoir quoi répondre à une question. Dans une telle éventualité, sentez-vous bien à l'aise de ne pas répondre à la question. Si vous deviez subir quelque

préjudice que ce soit par suite de votre participation à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, l'organisme de financement ou Polytechnique Montréal de leurs responsabilités légales et professionnelles.

Participation volontaire et possibilité de retrait: Votre participation est volontaire et anonyme. Vous êtes donc libre de refuser et pouvez à tout moment décider de vous en retirer sans avoir à motiver votre décision et sans risquer d'en subir de préjudice.

Confidentialité: Aucun renseignement personnel identifiable ne sera associé à vos réponses. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de ces renseignements, vous ne serez identifié que par un code. L'information ne sera utilisée qu'à des fins statistiques et ne sera présentée que sous forme agrégée.

Diffusion des résultats de la recherche: Les données du projet de recherche pourront être publiées dans des revues scientifiques ou partagées avec d'autres personnes lors de discussions scientifiques. Toutefois, aucune publication ou communication scientifique ne renfermera quelque information que ce soit pouvant permettre de vous identifier.

Laissez-nous savoir si vous êtes intéressé à recevoir une copie des résultats par courriel dès que les résultats seront publiés. Pour cette raison, une question a été ajoutée au sondage pour savoir l'intérêt des participants et le courriel où l'équipe de recherche pourra envoyer la copie.

Si vous avez des questions au sujet de ce sondage, ou si vous rencontrez des difficultés à remplir le sondage, n'hésitez pas à communiquer avec Angela Patricia Velasco Acosta (Candidate au doctorat en génie mécanique à Polytechnique de Montréal) par courriel à angela-patricia.velasco-acosta@polymtl.ca ou aux autres membres de l'équipe de recherche:

- Pierre Baptiste (Professeur titulaire en génie industriel à Polytechnique de Montréal),
- Sofiane Achiche (Professeur titulaire en génie mécanique à Polytechnique de Montréal),
- Olivier Kerbrat (Maître de conférences en génie mécanique à École Normale supérieure de Rennes)

Je vous remercie en avance votre temps et votre collaboration.

D.2 Information et consentement

[Q001] Est-ce que vous avez déjà lu le formulaire d'information et de consentement?

En répondant au présent questionnaire, vous acceptez de participer à cette activité de recherche selon les informations énoncées dans le formulaire d'information et de consentement. *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.

Non

Le formulaire d'information et de consentement a été envoyé en pièce jointe dans le courriel d'invitation. Veuillez garder une copie du document.

D.3 Profil de l'expert

[Q002] Formation/ Diplôme plus récente *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.' à la question [Q001]

Veillez écrire votre réponse ici :

Baccalauréat en génie industriel, Maîtrise en Logistique, Certification APICS, etc.

[Q003] Domaine d'expertise *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.' à la question [Q001]

Veillez écrire votre réponse ici :

Planification de la production, gestion des opérations, amélioration continue, etc.

[Q004] Années d'expérience dans votre domaine? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.' à la question [Q001]

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- 1 - 5 ans
- 6 - 9 ans
- 10 ans ou plus

[Q005] Poste actuel *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.' à la question [Q001]

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- Académique
- Industrie
- Les deux

[Q006] Titre de poste *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.' à la question [Q001]

Veillez écrire votre réponse ici :

Professeur titulaire, Planificateur, Chargé de projets en aménagement, Étudiant au doctorat, Gestionnaire, etc.

D.4 Collecte d'expertise

[Q008] Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.' à la question [Q001]

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- Oui
- Non

D.4.1 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q009] Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Cochez la ou les méthodes que vous connaissez. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- ERP
- MRPII
- MRP
- Aucune

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRP' ou 'MRPII' ou 'ERP' à la question [Q009] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q009 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ?')

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
ERP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRPII	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la variété de produits est ____, le volume de production est ____, le **type de commande** est sur ____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRP' ou 'MRPII' ou 'ERP' à la question [Q009] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q009 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ?')

	Type de commande				Niveaux de BOM						
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC
ERP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRPII	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Quelle est l'utilité de ce groupe de méthodes? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'ERP' ou 'MRPII' ou 'MRP' à la question [Q009] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Planification

Contrôle

Génération de commandes

Gestion de production

Amélioration des opérations

Autre:

D.4.2 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q010] Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Cochez la ou les méthodes que vous connaissez. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Kanban
- Lean/JIT
- Aucune

Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Lean/JIT' ou 'Kanban' à la question [Q010] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q010 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
Kanban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lean/JIT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la variété de produits est ____, le volume de production est ____, le **type de commande** est sur ____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Lean/JIT' ou 'Kanban' à la question [Q010] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q010 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Type de commande				Niveaux de BOM							
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC	
Kanban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lean/JIT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Quelle est l'utilité de ce groupe de méthodes? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Lean/JIT' ou 'Kanban' à la question [Q010] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Planification
- Contrôle
- Génération de commandes
- Gestion de production
- Amélioration des opérations
- Autre:

D.4.3 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q011] Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Cochez la ou les méthodes que vous connaissez. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Cobacabana
- ConWIP ou extensions (incluant m-ConWIP)
- POLCA
- TOC/DBR (Drum-Buffer-Rope)
- WLC (WorkLoad Control)
- Aucune

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'WLC (WorkLoad Control)' ou 'TOC/DBR (Drum-Buffer-Rope)' ou 'POLCA' ou 'ConWIP ou extensions (incluant m-ConWIP)' ou 'Cobacabana' à la question [Q011] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q011 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
Cobacabana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ConWIP ou extensions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
POLCA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TOC/DBR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
WLC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la variété de produits est ____, le volume de production est ____, le **type de commande** est sur ____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'WLC (WorkLoad Control)' ou 'TOC/DBR (Drum-Buffer-Rope)' ou 'POLCA' ou 'ConWIP ou extensions (incluant m-ConWIP)' ou 'Cobacabana' à la question [Q011] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q011 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Type de commande				Niveaux de BOM						
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC
Cobacabana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ConWIP ou extensions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
POLCA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TOC/DBR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
WLC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Quelle est l'utilité de ce groupe de méthodes? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'ConWIP ou extensions (incluant m-ConWIP)' ou 'POLCA' ou 'TOC/DBR (Drum-Buffer-Rope)' ou 'WLC (WorkLoad Control)' ou 'Cobacabana' à la question [Q011] (Est-ce que vous connaissez la méthode ____?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Planification
- Contrôle
- Génération de commandes
- Gestion de production

Amélioration des opérations

Autre:

D.4.4 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q012] Est-ce que vous connaissez la méthode **Six Sigma** ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Oui

Non

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode **Six Sigma** est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q012] (Est-ce que vous connaissez la méthode Six Sigma?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
Six Sigma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode **Six Sigma** est plus performante dans un environnement où la variété de produits est ____, le volume de production est ____, le **type de commande** est sur ____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q012] (Est-ce que vous connaissez la méthode Six Sigma?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Type de commande				Niveaux de BOM							
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC	
Six Sigma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

Quelle est l'utilité de cette méthode? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q012]' (Est-ce que vous connaissez la méthode Six Sigma?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Planification

- Contrôle
- Génération de commandes
- Gestion de production
- Amélioration des opérations
- Autre:

D.4.5 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q013] Est-ce que vous connaissez la méthode **DDMRP** ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- Oui
- Non

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode **DDMRP** est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q013] (Est-ce que vous connaissez la méthode DDMRP?)
Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
DDMRP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode **DDMRP** est plus performante dans un environnement où la variété de produits est ____, le volume de production est ____, le **type de commande** est sur ____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q013] (Est-ce que vous connaissez la méthode DDMRP?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Type de commande				Niveaux de BOM						
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC
DDMRP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

Quelle est l'utilité de cette méthode? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q013] (Est-ce que vous connaissez la méthode DDMRP?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Planification

Contrôle

Génération de commandes

Gestion de production

Amélioration des opérations

Autre:

D.4.6 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q014] Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Cochez la ou les méthodes que vous connaissez. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

ERP - TOC

ERP - Lean

Aucune

Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est _____, le **volume de production** est _____, le type de commande est sur _____ et le produit en fabrication a une nomenclature _____. *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'ERP - Lean' ou 'ERP - TOC' à la question [Q014] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q014 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
ERP - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ERP - Lean	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la variété de produits est _____, le volume de production est _____, le **type de commande** est sur _____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** _____. *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'ERP - Lean' ou 'ERP - TOC' à la question [Q014] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q014 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Type de commande				Niveaux de BOM						
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC
ERP - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ERP - Lean	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Quelle est l'utilité de ce groupe de méthodes? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'ERP - Lean' ou 'ERP - TOC' à la question [Q014] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Planification

Contrôle

Génération de commandes

Gestion de production

Amélioration des opérations

Autre:

D.4.7 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q015] Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Cochez la ou les méthodes que vous connaissez. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- MRPII - JIT
- MRPII - Kanban
- MRPII - TOC
- Aucune

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRPII - Kanban' ou 'MRPII - TOC' ou 'MRPII - JIT' à la question [Q015] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q015 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
MRPII - JIT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRPII - Kanban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRPII - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la variété de produits est ____, le volume de production est ____, le **type de commande** est sur ____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRPII - TOC' ou 'MRPII - Kanban' ou 'MRPII - JIT' à la question [Q015] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q015 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Type de commande				Niveaux de BOM						
	C	S	Les deux (H et L)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC
MRPII - JIT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRPII - Kanban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Quelle est l'utilité de ce groupe de méthodes? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRPII - TOC' ou 'MRPII - Kanban' ou 'MRPII - JIT' à la question [Q015] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Planification

Contrôle

Génération de commandes

Gestion de production

Amélioration des opérations

Autre:

D.4.8 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q016] Est-ce que vous connaissez la méthode _____ ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Cochez la ou les méthodes que vous connaissez. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

MRP - ConWIP

MRP - JIT

MRP - JIT - TOC

MRP - Kanban

MRP - TOC

Aucune

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRP - JIT - TOC' ou 'MRP - Kanban' ou 'MRP - TOC' ou 'MRP - JIT' ou 'MRP - ConWIP' à la question [Q016] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q016 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
MRP - ConWIP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - JIT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - JIT - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - Kanban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode _____ est plus performante dans un environnement où la variété de produits est _____, le volume de production est _____, le **type de commande** est sur _____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRP - TOC' ou 'MRP - Kanban' ou 'MRP - JIT - TOC' ou 'MRP - JIT' ou 'MRP - ConWIP' à la question [Q016] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

Répondez à cette question seulement pour les éléments choisis à la question Q016 ('Est-ce que vous connaissez la méthode _____?')

	Type de commande				Niveaux de BOM						
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC
MRP - ConWIP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - JIT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - JIT - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - Kanban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MRP - TOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Quelle est l'utilité de ce groupe de méthodes? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'MRP - TOC' ou 'MRP - Kanban' ou 'MRP - JIT - TOC' ou 'MRP - JIT' ou 'MRP - ConWIP' à la question [Q016] (Est-ce que vous connaissez la méthode _____?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

Planification

Contrôle

Génération de commandes

Gestion de production

Amélioration des opérations

Autre:

D.4.9 Méthodes

Remplissez avec les caractéristiques de l'environnement dans lequel la méthode a sa meilleure performance selon votre expérience ou connaissance.

[Q017] Est-ce que vous connaissez la méthode **Lean Six Sigma** ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Oui

Non

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode **Lean Six Sigma** est plus performante dans un environnement où la **variété de produits** est ____, le **volume de production** est ____, le type de commande est sur ____ et le produit en fabrication a une nomenclature ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q017]' (Est-ce que vous connaissez la méthode Lean Six Sigma?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Variété de produits				Volume de production			
	H	L	Les deux (H et L)	PC	H	L	Les deux (H et L)	PC
Lean Six Sigma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Variété de produits (c.-à-d. nombre de types de produits) – élevé (H) ou bas (L)

Volume de production – élevé (H) ou bas (L).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Complétez les espaces vides de la phrase suivante :

La méthode **Lean Six Sigma** est plus performante dans un environnement où la variété de produits est ____, le volume de production est ____, le **type de commande** est sur ____ et le produit en fabrication a une **nomenclature** ____.*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q017] (Est-ce que vous connaissez la méthode Lean Six Sigma?)

Choisissez la réponse appropriée pour chaque élément :

	Type de commande				Niveaux de BOM						
	C	S	Les deux (C et S)	PC	S	M	C	S et M	M et C	Les trois (S, M et C)	PC
Lean Six Sigma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Choix de réponses pour chaque caractéristique:

Type de commande – sur commande (C) ou sur stock (S)

Niveaux de BOM (c.-à-d. nombre de niveaux de nomenclature du produit fini) – simple (S), moyenne (M), complexe (C).

Il est possible de choisir plus d'une réponse dans chaque case. Si vous n'êtes pas certain(e) de votre réponse, s'il vous plaît choisissez PC (pas certain(e)).

[] Quelle est l'utilité de cette méthode? Si autre, écrivez laquelle (utilité)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q017] (Est-ce que vous connaissez la méthode Lean Six Sigma?)

Choisir une ou plusieurs de la liste. Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Planification
- Contrôle
- Génération de commandes
- Gestion de production
- Amélioration des opérations
- Autre:

D.5 Collecte d'expertise

[Q018] Nous avons présenté les méthodes par utilité (p.ex. Planification, Contrôle, etc.).

Êtes-vous d'accord avec les catégories que nous avons identifiées? *

Catégories:

- (1) ERP, MRP, MRPII
- (2) Kanban, Lean/JIT
- (3) Cobacabana, ConWIP ou extensions, POLCA, TOC/DBR, WLC
- (4) Six Sigma
- (5) DDMRP
- (6) ERP-TOC, ERP-Lean
- (7) MRPII - JIT, MRPII - Kanban, MRPII - TOC
- (8) MRP - ConWIP, MRP - JIT, MRP - JIT - TOC, MRP - Kanban, MRP - TOC
- (9) Lean Six Sigma

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

Oui

Non

[Q019] Comment aurez-vous regroupé les méthodes?

Regroupez les méthodes suivantes par catégories:

ERP, MRP, MRPII, Kanban, Lean/JIT, Cobacabana, ConWIP ou extensions, POLCA, TOC/DBR, WLC, Six Sigma, DDMRP, ERP-TOC, ERP-Lean, MRPII - JIT, MRPII - Kanban, MRPII - TOC, MRP - ConWIP, MRP - JIT, MRP - JIT - TOC, MRP - Kanban, MRP - TOC, Lean Six Sigma.

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Non' à la question [Q018] (Nous avons présenté les méthodes par utilité (p.ex. Planification, Contrôle, etc.). Êtes-vous d'accord avec les catégories que nous avons identifiées?)

Veillez écrire votre(vos) réponse(s) ici :

Catégorie 1

Catégorie 2

Catégorie 3

Catégorie 4

Catégorie 5

Catégorie 6

Catégorie 7

Catégorie 8

Catégorie 9

Catégorie 10

[Q020] Sur l'échelle de 1 à 3, quel est le degré de confiance de vos réponses? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- 1 - Pas du tout confiant(e) de mes réponses
- 2 - Un peu confiant(e) de mes réponses
- 3 - Très confiant(e) de mes réponses

[Q021] Est-ce que vous croyez qu'il manque un (des) critère(s) ou caractéristique(s) (autres que variété de produits, volume de production, type de commande et niveaux de nomenclature)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q008] (Est-ce que vous connaissez les méthodes de planification et de contrôle de la production telles que Kanban, ERP, DDMRP, MRP – JIT, etc. ?)

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

- Oui
- Non

[Q022] Lequel(s)? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q021] (Est-ce que vous croyez qu'il manque un (des) critère(s) ou caractéristique(s) (autres que variété de produits, volume de production, type de commande et niveaux de nomenclature)?)

Veillez écrire votre réponse ici :

[Q023] Seriez-vous intéressé à recevoir une copie des résultats une fois qu'ils seront publiés? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui, j'ai lu et j'accepte de participer à cette activité de recherche.' à la question [Q001] (Est-ce que vous avez déjà lu le formulaire d'information et de consentement? En répondant au présent questionnaire, vous acceptez de participer à cette activité de recherche selon les informations énoncées dans le formulaire d'information et de consentement.)

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Oui

Non

[Q024] Précisez l'adresse courriel où on peut vous envoyer cette copie. *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :

La réponse était 'Oui' à la question [Q023] (Seriez-vous intéressé à recevoir une copie des résultats une fois qu'ils seront publiés?)

Veillez écrire votre réponse ici :

Je vous remercie pour votre temps et votre collaboration!