



HAL
open science

Vers une cartographie de processus explicite pour le modèle Demand Driven Adaptive Enterprise

Guillaume Martin, Pierre Baptiste, Jacques Lamothe, Romain Miclo,
Matthieu Luras

► **To cite this version:**

Guillaume Martin, Pierre Baptiste, Jacques Lamothe, Romain Miclo, Matthieu Luras. Vers une cartographie de processus explicite pour le modèle Demand Driven Adaptive Enterprise. MOSIM'18 - 12ème Conférence internationale de Modélisation, Optimisation et SIMulation, ISAE; IMT Mines Albi, Jun 2018, Toulouse, France. 13 p. hal-01852605

HAL Id: hal-01852605

<https://hal.science/hal-01852605>

Submitted on 22 Jan 2019

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

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

Vers une cartographie de processus explicite pour le modèle Demand Driven Adaptive Enterprise

Guillaume Martin¹, Pierre Baptiste², Jacques Lamothe³, Romain Miclo⁴, Matthieu Laurus⁵

¹ Centre Génie Industriel, Université de Toulouse
Mines Albi, Albi, France

² Polytechnique Montréal, Montréal, Canada

³ Centre Génie Industriel, Université de Toulouse
Mines Albi, Albi, France

⁴ AGILEA, Toulouse, France

⁵ Centre Génie Industriel, Université de Toulouse
Mines Albi, Albi, France

{gmartin@mines-albi.fr, pierre.baptiste@polymtl.ca, lamothe@mines-albi.fr, romain.miclo@agilea.fr,
matthieu.laurus@mines-albi.fr}

Abstract - Cet article présente une approche de cartographie de processus appliquée à la méthodologie Demand Driven Adaptive Enterprise. On constate, lors des déploiements réalisés par les professionnels, que les cas complexes de déploiement nécessitent d'adapter la méthode à divers degrés. Il faut notamment prendre en compte la réalité physique des ateliers, ainsi que les règles de gestion spécifiques. En croisant les principes issus des publications existantes et les retours fournis par des experts, une cartographie complète de la méthode Demand Driven Adaptive Enterprise a été établie. Elle fait apparaître les activités et les fonctions nécessaires et constitue une base pour de futures implantations, mais également pour la définition d'agendas de recherche partagés. On remarque en particulier que les possibilités d'interprétation de la cartographie sont nombreuses. Cela implique que chaque variation de la méthode doit être à son tour cartographiée et testée, afin de statuer sur son efficacité au cas par cas.

Keywords - Demand-Driven Adaptive Enterprise, modélisation de processus, Demand-Driven Materials Requirement Planning, DDMRP

1. Introduction

Quelle analyse peut-on avoir aujourd'hui de la gestion des nouveaux défis logistiques ? Quels sont, en prenant du recul, les nouveaux enjeux d'un système de production efficace ? Voici les questions auxquelles font face quotidiennement de multiples industries. Pendant le siècle dernier, scientifiques et industriels ont travaillé à mettre au point des méthodes de gestion afin d'assurer que les produits arrivent à la bonne date et dans les bonnes quantités (Orlicky 1975; Sugimori et al. 1977). Mais on entend de plus en plus souvent des plaintes concernant les limites des modèles existants.

C'est principalement parce que, dans le contexte actuel, ces méthodologies ne sont plus adaptées. Elles ne peuvent plus absorber les multiples sources de variation qui proviennent de l'environnement. Elles ne sont plus capables de gérer des gammes complexes, réparties sur un maillage d'acteurs parfois très différents. Cette diversité de produits, de procédés et de clients pousse à revoir l'approche des chaînes logistiques, et c'est ce que propose le modèle Demand Driven MRP (C. Ptak et Smith 2011).

Ce nouveau modèle est basé sur une meilleure flexibilité pour s'adapter aux fluctuations de la demande, mais également sur une plus grande résilience afin d'absorber la variabilité du système. Les publications récentes ont montré que le modèle Demand Driven était à même de tenir ses promesses d'agilité et de résilience (Romain Miclo 2016; Klein 2015; Ihme et Stratton 2015), et les acteurs industriels sont de plus en plus nombreux à se lancer dans des essais sur cette méthodologie. Cependant, si la capacité d'optimisation qu'offre le modèle Demand Driven a été prouvée pour des cas simples, le modèle n'a pas encore été appliqué à des systèmes complexes.

Le déploiement du modèle Demand Driven dans un système complexe va demander une grande capacité d'interprétation et d'adaptation de la théorie à la réalité physique de chaque cas. Mais cette adaptabilité est aujourd'hui rendue difficile par le manque d'outils permettant de modéliser et de simuler le fonctionnement d'un système piloté par la demande.

L'objectif est donc ici combler ce manque par l'établissement d'une cartographie des processus utilisés par la méthodologie Demand Driven. Cette cartographie sera basée à la fois sur les publications existantes, mais aussi sur une série d'entretiens avec des experts dans le déploiement de cette méthode. Il sera ainsi possible de déterminer la nature exacte des activités, mais aussi les possibilités d'interprétation du modèle, afin qu'il se conforme à la réalité des futurs chantiers. L'objectif final est d'utiliser cette cartographie pour établir les futures questions de recherche à traiter, mais également de rendre plus facile le déploiement de la méthode pour les industriels.

2. Un modèle Demand-Driven qui prend de l'ampleur

Pour répondre le plus efficacement possible aux défis que propose le nouveau monde de la logistique, le modèle Demand-Driven s'est construit sur la base de principes éprouvés, appelés dans la méthode les « piliers du modèle » (C. A. Ptak et Smith 2016). Ces principes intègrent les techniques de la gestion MRP (Orlicky 1975), de la distribution grâce au DRP (Martin 1995), du Lean (Womack et Jones 1997) et du Six-Sigma (Pande, Neuman, et Cavanagh 2000) et enfin de la théorie des contraintes (Goldratt 1999). A ces piliers, viennent s'ajouter deux principes qui sont au cœur de la méthodologie Demand-Driven : le découplage et l'adaptation dynamique qui apportent respectivement la résilience et l'agilité nécessaire.

L'objectif du principe de découplage est d'absorber et d'empêcher la transmission des incertitudes le long de la chaîne. Comme montré dans la figure 1 ci-dessous, la chaîne schématisée par deux étapes d'usinage et une étape d'assemblage encadrée par deux buffers physiques est sujet à la fois à des variations amont et aval. Les deux buffers physiques présentés sur la figure sont dimensionnés de manière à toujours pouvoir alimenter en matière première la chaîne, mais aussi à toujours disposer de produits pour les clients. Une fois protégée par ces deux buffers, la chaîne est donc découplée des sources de variation. On définit alors un nouveau temps de cycle, le *Decoupled Lead Time* (DLT), qui correspond au plus long temps non protégé entre deux buffers physiques (C. A. Ptak et Smith 2016).

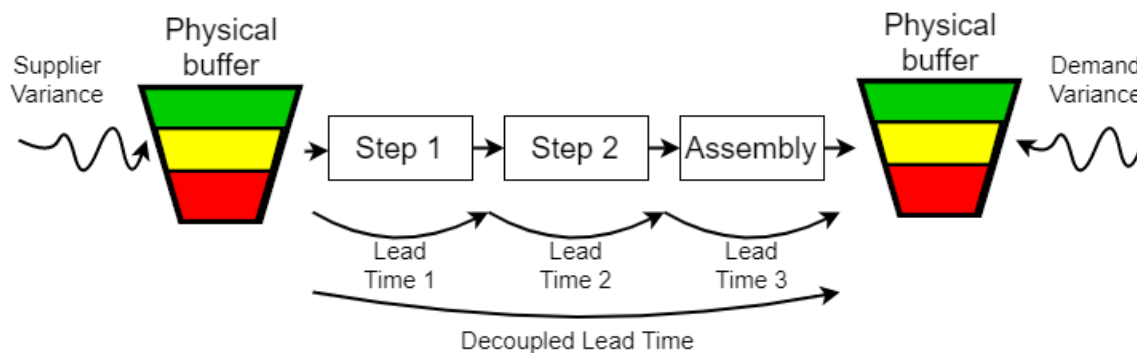


Figure 1 - Schéma de découplage des buffers physiques

L'adaptation dynamique, quant à elle, découle de la capacité à redimensionner les zones des buffers, telles que représentées en figure 1, en rouge, jaune et vert. En effet, lors de l'initialisation de la méthode DDMRP, la taille des zones de chaque buffer est calculée en fonction de la demande pour la référence concernée, ainsi que des incertitudes qui la caractérisent (transport, temps de cycle, ...) (C. A. Ptak et Smith 2016). Cependant, comme la demande ou les incertitudes pour cette référence évoluent avec le temps, il est impératif que les tailles de zones en fassent de même, assurant par-là l'agilité du modèle.

Chaque buffer est ainsi divisé en trois zones : (i) la zone rouge qui représente la plage de sécurité du buffer, (ii) la zone jaune qui représente le cœur de la couverture de la demande et (iii) la zone verte, qui couvre la génération des réapprovisionnements (C. A. Ptak et Smith 2016). Le niveau de chaque buffer est ainsi comparé quotidiennement aux demandes, stocks et en-cours au travers de la Net Flow Equation (NFE). Le résultat de la NFE est ensuite utilisé pour déterminer la priorité de réapprovisionnement de chaque référence gérée par buffer (C. A. Ptak et Smith 2016).

Le déroulement de la méthodologie DDMRP peut se présenter, pour sa part, en cinq étapes majeures :

- Le positionnement des stocks stratégiques, représentés par des buffers (physiques, de temps ou de capacité en fonction des cas)
- La détermination des profils d'incertitudes pour chaque référence bufferisée ainsi des niveaux des zones de buffers
- La mise en place d'une stratégie d'ajustements dynamiques, afin que les zones soient redimensionnées suivant les évolutions des références
- La planification des ordres en flux tiré par la demande
- Enfin, la mise en place d'un processus d'exécution basé sur un pilotage visuel et des règles de priorité.

Depuis les premières publications sur le modèle, le Demand Driven Institute a proposé une évolution du modèle (C. Smith, Ptak, et Ling 2017). Cette révision a pour objectif d'intégrer l'entreprise toute entière dans une démarche pilotée par la demande. Aux principes opérationnels tels qu'ils sont décrits plus haut dans ce paragraphe, le nouveau modèle, nommé Demand Driven Adaptive Enterprise, vient superposer une couche tactique, le Demand-Driven Sales and Operations Planning, ainsi qu'une couche stratégique, l'Adaptive Sales and Operations Planning. Il est donné ci-dessous en figure 2, tel qu'il apparaît dans la publication de référence sur le sujet (C. Smith, Ptak, et Ling 2017). Chaque « brique » du modèle est dorénavant reliée aux autres par un ou plusieurs liens, chacun contenant un ou plusieurs types de données

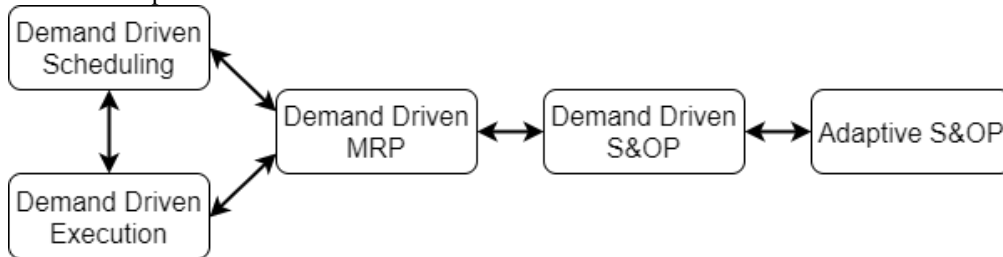


Figure 2-Schéma du modèle Demand Driven Adaptive Enterprise

Depuis la publication de cette méthode, plusieurs travaux de recherche ont été entrepris sur le sujet. Ils sont représentés ci-dessous dans le tableau 1 et forment une bibliographie commentée.

Orlicky's Material Requirements Planning, Third Edition (C. Ptak et Smith 2011)	Revue complète de tous les principes de la première version du modèle Demand Driven ainsi que de sa logique d'utilisation
Staying demand driven part III (C. Smith 2013)	Utilisation des indicateurs pertinents pour la méthodologie DDMRP
Effective production control in an automotive industry: MRP vs. demand-driven MRP (Shofa et Widyarto 2017)	Evaluation et comparaison de performances entre MRP et DDMRP en termes de stocks, par simulation d'une usine automobile
Evaluating Demand Driven MRP: a case based simulated study (Ihme et Stratton 2015)	Evaluation des performances de DDMRP dans la simulation d'une usine de production d'encre
Strategic Inventory Positioning in BOM with Multiple Parents Using ASR Lead Time (Jiang et Rim 2016)	Modèle pour déterminer les positions et quantités d'un buffer dans une nomenclature et complexe
MRP vs. Demand-Driven MRP: Towards an Objective Comparison (Romain Miclo et al. 2015)	Comparaison quantitative et qualitative entre MRP et DDMRP sur une étude de cas
An empirical study of Demand-Driven MRP (Romain Miclo et al. 2016)	Intérêts du DDMRP par rapport au MRP grâce à une simulation d'événements discrets rapportée à une étude de cas
Challenging the "Demand Driven MRP" Promises: A Discrete Event Simulation Approach (Romain Miclo 2016)	Etude quantitative des promesses de DDMRP suivant plusieurs simulations sur deux cas d'études, centrée sur le taux de service et le niveau d'en-cours

Interpreting and applying Demand Driven MRP A case study (Ihme 2015)	Comparaison entre MRP et DDMRP sur un cas d'étude utilisant une simulation et montrant l'intérêt pour la réduction des stocks
Evaluation et simulation de l'implémentation d'une méthode de réapprovisionnement basée sur la consommation réelle au sein d'un environnement de production projet (Klein 2015)	Description et analyse du déploiement de la méthodologie DDMRP dans un contexte de production orienté projet. Revue des limites de la méthode.
The Demand Driven Adaptive Enterprise (C. Smith, Ptak, et Ling 2017)	Document de référence pour la méthode Demand Driven Adaptive Enterprise, comprenant les principales fonctions, activités et flux de données tels que définis par le Demand Driven Institute
Demand Driven Performance – Using Smart Metrics (D. Smith et Smith 2013)	Implémentation d'indicateurs dans des environnements gérés par DDMRP

Tableau 1- Bibliographie commentée des publications concernant le DDMRP

La bibliographie sur le sujet est assez concise et, en résumant le contenu de chaque publication, on s'aperçoit que les travaux portent principalement sur la validation des deux promesses centrales de la méthodologie DDMRP : l'amélioration de la résilience du système face aux incertitudes et la réduction des niveaux moyens de stocks.

Si l'on compare la littérature existante et la cartographie proposée par le Demand Driven Institute, on constate que nombre de nouveaux ajouts n'ont pas été validés scientifiquement. On n'y trouve notamment pas les fréquences recommandées pour mener les opérations, ou l'attribution des responsabilités par poste. Qui plus est, l'enchaînement des étapes au sein de ces « briques » est absent ou incomplet. Afin de préciser en détail quelles étapes doivent être réalisées dans chaque processus, par quel acteur et suivant quelles informations, il pourrait être utile d'appliquer aux informations disponibles une méthode de description de processus.

3. Cartographie du processus Demand-Driven Adaptive Enterprise : méthodes et résultats

Afin de proposer une modélisation précise de ce modèle complexe, une méthode en trois étapes a été utilisée : (i) la réalisation d'un questionnaire standard, permettant de remettre en question les enchaînements des activités au sein du modèle et les informations qu'il utilise, (ii) l'utilisation du questionnaire à la fois sur les modèles fournis par le Demand-Driven Institute mais également de récupérer l'expérience de déploiement de la méthode DDMRP par des experts et, (iii) l'agrégation de toutes les informations recueillies en une seule cartographie complète. Le terme « activité » défini ci-dessus correspond à la définition donnée dans le dictionnaire APICS (Cox et Blackstone 2002).

Le questionnaire a été appliqué à chaque activité au sein du modèle et comprend cinq questions :

- Quel est l'objectif de l'activité ? Il s'agit ici d'être certain que les entrées et sorties sont connus et utilisés
- Quelles sont les étapes de l'activité ? Il faut ici déterminer si l'activité peut être divisée en sous-activités spécifiques
- Quels sont les indicateurs pertinents pour cette activité ? Cette question sert à récupérer tous les indicateurs préconisés ou utilisés dans les déploiements de la méthode. Si des indicateurs existent, toutes les données d'entrée supplémentaires sont alors prises en compte.
- Quels sont les outils pour l'activité ? Il faut ici prendre tous les outils informatiques utilisés, ainsi que les appels aux fonctions des éventuels systèmes informatiques concernés.
- Quels sont les problèmes déjà rencontrés sur cette activité ? Cette question a pour but de collecter tous les points durs et manques de chaque activité, particulièrement avec les avis d'experts basés sur les expériences déjà réalisées auprès de diverses industries.

Les retours du questionnaire ont été traités de deux manières différentes. Concernant l'analyse des publications existantes, chaque réponse aux questions a été compilée dans une première version de la cartographie, formant ainsi une base de travail. La collecte des données pour cette première partie s'est donc faite grâce à une revue de littérature ainsi que des formations fournies par le Demand Driven Institute.

Dans un second temps, les experts dans le déploiement de la méthodologie DDMRP ont été consultés. Ceux-ci ont tous participé à plusieurs projets de mise en place des processus Demand-Driven et sont également certifiés par le Demand Driven Institute. Deux experts du panel sont également formateurs certifiés par cet organisme. De façon plus transversale, les experts bénéficient tous d'au moins quinze ans d'expérience dans la gestion de production.

Les experts ont reçu la première version de la cartographie, ainsi que le questionnaire. Ils ont pu, à leur tour, venir ajouter les écarts qu'ils constataient, ainsi que les manques à combler. Avec l'aide des experts, une seconde cartographie a donc vu le jour et se retrouve présentée dans cet article.

3.1. Un modèle de représentation des processus

La modélisation IDEF0 (Kim et Jang 2002), très proche de la modélisation SADT, a été retenue car elle offrait un bon compromis entre la représentation des activités physiques à réaliser et les échanges d'information entre ces activités. Le but de la représentation est de mettre en lumière les processus transverses au modèle Demand-Driven Adaptive Enterprise, les activités qu'ils intègrent mais aussi les acteurs nécessaires et les flux d'information mis en jeu. En parallèle, des notions comme l'horizon, la fréquence, la granularité, la nature des informations et des décisions ont été ajoutées au modèle. Celles-ci sont dérivées de la méthode GRAI (G. Doumeingts 1984).

Les concepts utilisés pour dresser la cartographie, et issus de la philosophie GRAI (Guy Doumeingts 1984) sont les suivants :

- La fonction (« fonction ») est définie comme une boîte possédant une frontière fixe, laquelle est traversée par des macro-processus. Il s'agit d'un rôle définissant les responsabilités, horizons, fréquences et granularités pour chaque tâche qui lui incombe.
- L'horizon représente la période de temps prise en compte par l'activité en question
- La fréquence (« frequency ») représente la répétition d'une activité au sein d'un horizon
- La granularité (« granularity ») est la taille des biens gérés par l'activité en question (référence spécifique, référence bufferisée, famille de produit)
- Les activités (« activities ») sont des tâches élémentaires, généralement regroupées en processus ou macro-processus pour plus de clarté
- Les informations et les décisions sont définies suivant la méthode GRAI. Les décisions sont prises en suivant des objectifs, des critères d'appréciation, des variables et des contraintes.

Une représentation type est donnée ci-dessous en figure 3. Celle-ci permet de comprendre comment les notions définies plus haut s'articulent entre elles et seront utilisées dans la cartographie finale.

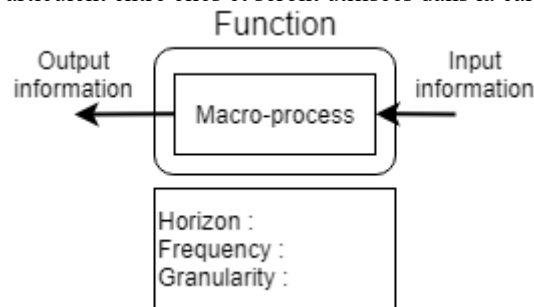


Figure 3 – représentation des fonctions et processus

La cartographie complète a été réalisée en trois parties, chacune suivant les macro-processus principaux, avant d'être assemblée. Ces macro-processus sont (i) le processus de définition du modèle opératoire, dont le but est de constamment adapter l'ensemble des buffers à la fois aux prévisions et à la demande réelle, (ii) le processus de production, qui se charge de lancer les bons ordres, de les planifier et de les prioriser au mieux et (iii) le processus d'amélioration continue, qui recueille tous les écarts constatés par le système et suit les améliorations.

3.2. Le processus de définition du modèle : réconcilier objectifs stratégiques et contraintes physiques

L'extrait réalisé du processus de définition du modèle est donné en figure 4 ci-dessous. Le principal objectif de ce processus est de réconcilier stratégie et incertitudes. Les volontés de développement stratégiques de la direction sont définies par la fonction Adaptive S&OP, notamment à travers le business plan, alors que l'ensemble des incertitudes enregistrées remontent en tant qu'améliorations possibles (« improvements »). Le processus de définition du modèle, pour cette version, fait intervenir trois fonctions : l'Adaptive S&OP, habituellement formée par la direction et le commerce, le Demand-Driven S&OP, qui se compose d'experts logistiques et managers, ainsi que le Système d'Information, qui joue ici le rôle de stockage de données. Ce processus possède deux cycles de décision : un cycle fonctionnant par trimestre pour la définition et la mise à jour du business plan et un cycle mensuel pour l'envoi des prévisions d'exceptions et l'intégration des projets d'amélioration continue. La granularité change également lorsqu'on accède aux couches plus basses du modèle. Si on démarre en effet avec le portefeuille complet des familles de produits, on prend en compte plus bas seulement les références gérées par buffer (généralement les produits finis, pièces détachées, matières premières et parfois articles achetés).

Au départ du processus, les personnes en charge de la fonction Adaptive S&OP vont devoir accorder tous les objectifs stratégiques (produits, finances, capacité, offre et demande) afin de rédiger et publier un business plan pertinent et chiffré. Ce business plan est alors transmis à la fonction Demand-Driven S&OP. Celle-ci va se charger de décomposer tous les besoins issus du business plan et impactant les références gérées sous buffer uniquement. Ces besoins, une fois agrégés, forment un plan de demande. Il peut éventuellement être nécessaire d'amener le plan de demande avec les données venant du commerce, telles que les campagnes spéciales, les promotions ou les pics de demande déjà connus sur certaines références. Ce plan de demande permet ainsi de définir une prévision générale pour les références gérées par buffer et donc considérées comme d'intérêt stratégique).

Le plan de demande est ensuite comparé avec les éventuels chantiers d'amélioration en cours, les écarts notés sur la période précédente ainsi qu'avec la gamme de production existante. Le modèle opératoire de la chaîne est alors créé à partir de cet ensemble d'informations, ou simplement mis à jour s'il existait déjà. Le modèle opératoire comprend l'emplacement des buffers le long de la gamme, leur profil (lié aux facteurs d'incertitudes qu'ils doivent absorber (C. A. Ptak et Smith 2016)), les tailles des zones et éventuellement des règles de gestion supplémentaires (par exemple, le lotissement, le groupement d'ordres sur certaines étapes). Ce modèle opératoire, ou modèle de configuration (« configuration model »), est essentiel et, une fois validé, se trouve stocké dans le système d'information.

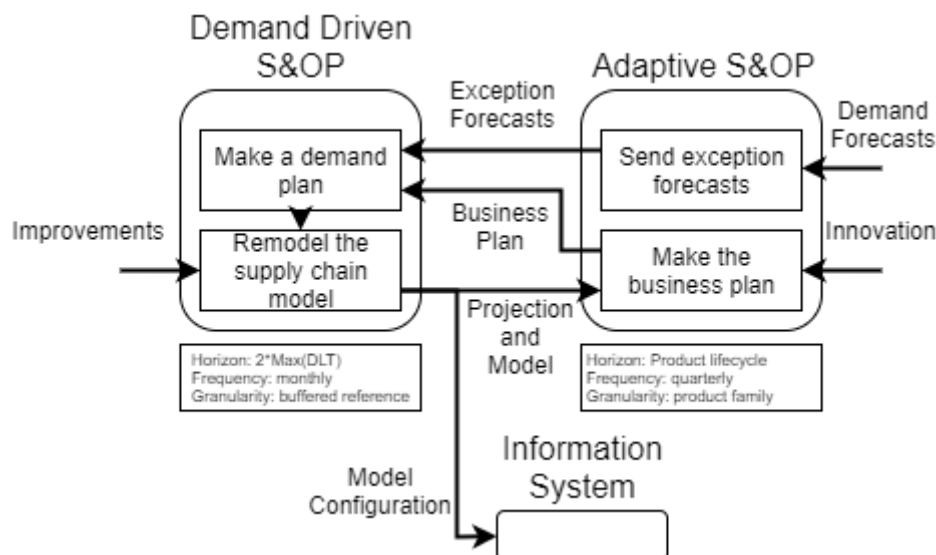


Figure 4 – Processus de définition du modèle

Les entretiens avec les experts en gestion de chaîne logistique ont fait apparaître plusieurs points sur ce macro-processus particulier. En premier lieu, on remarque que les activités présentées ici font rarement partie des essais en milieu industriel. Les experts jugent en effet que le sujet manque encore de clarté pour convaincre et être facile à déployer. Les experts notent également que peu d'informations sont données

concernant l'établissement des indicateurs à ce niveau de hiérarchie. On note cependant que la volonté des experts est d'utiliser les indicateurs proposés par le Demand Driven Institute (D. Smith et Smith 2013), basés sur la pertinence de l'information dans la chaîne. On retrouve principalement la marge contributive, le besoin en fonds de roulement et le suivi de la clientèle (C. Smith, Ptak, et Ling 2017).

Enfin, le point le plus difficile à mettre en œuvre au vu des retours fait par les experts reste le cycle spécifique de mise à jour du modèle opératoire en fonction des changements dans la demande. Cela nécessite en effet un effort constant de maintenance du modèle, ce qui passe par la remise en question régulière de plusieurs aspects du modèle. Il faut, en effet, réévaluer la position stratégique des buffers en fonction des nouveaux objectifs, mais aussi leur type (les buffers pouvant être non seulement physiques, mais aussi temporels ou capacitaires, selon le problème qu'ils viennent régler). Il faut, en parallèle, être capable d'attribuer le bon profil de buffer à chaque référence, ce qui suppose de détecter les incohérences.

3.3. Le processus de production : adapter les ordres de fabrication à la demande réelle

Ce processus est donné ci-dessous en figure 5. Il intègre quatre fonctions : (i) le système d'information, chargé d'effectuer tous les calculs et les opérations de logique simple, (ii) la fonction Demand-Driven MRP, où les décisions plus complexes sont prises et dont l'objectif est d'interpréter les alertes reçues du système d'information en ordres éventuels, (iii) la planification Demand-Driven (« Demand-Driven Scheduling ») qui vérifie au niveau des points de contrôle (C. A. Ptak et Smith 2016) que les ordres pourront être terminés à temps et avec la bonne quantité et (iv) la fonction Exécution, où se fait la priorisation des ordres de fabrication devant chaque machine et qui assure la production des biens.

Dans ce macro-processus, on rencontre à nouveau deux cycles de décision : le cycle quotidien pour la fonction Demand-Driven MRP et le système d'information, et le cycle horaire pour la planification et l'exécution. La granularité est elle aussi double dans ce processus : on s'intéressera uniquement aux références bufferisées pour les ordres, alors qu'entre les buffers, il faudra gérer toutes les références.

Le processus de production prend en compte deux données d'entrée essentielles que sont le modèle opératoire et la demande quotidienne réelle. Ces données d'entrées sont traitées par le système d'information dans la version proposée ici. Elles sont utilisées pour calculer le résultat de la « Net Flow Equation » (NFE), ceci pour chaque référence gérée par un buffer physique. L'utilisation de cette équation pour la création des ordres est la raison pour laquelle le système est capable de s'adapter rapidement aux variations de demande et évite d'accorder trop de poids aux prévisions. Les résultats de la NFE sont transformés en alertes si les niveaux de réapprovisionnement sont dépassés et ces alertes sont alors transmises à la fonction Demand-Driven MRP.

La fonction Demand-Driven doit alors analyser toutes les alertes du jour et décider s'il est nécessaire ou non de créer un ordre. Elle peut s'appuyer pour cela sur les recommandations de création d'ordre de la méthodologie DDMRP (commander dès que les références entament la zone jaune de leur buffer associé) mais également sur les règles de gestion optionnelles spécifiques de l'environnement (le groupement des ordres par exemple). Trois types d'ordres peuvent être créés, chacun suivant un processus particulier au sein du macro-processus. Les ordres d'achat et de transfert de stocks peuvent être transférés directement à l'Exécution, alors que les ordres de fabrication doivent d'abord passer par la Planification.

L'étape de planification est centrée sur la prise de décision en fonction des informations fournies par les points de contrôles placés tout au long de la chaîne. Les activités spécifiques aux points de contrôle sont centrées sur la vérification des capacités, la planification en avance ou le regroupement des ordres si nécessaire. C'est également ici que l'on peut s'assurer du bon avancement des activités de production et que l'on s'apercevra des retards pris par certains ordres de fabrication. Dans cette version, la planification gère des ordres ayant une date et une quantité connues à l'avance, contrairement à ce qui est préconisé par la méthodologie DDMRP. La fonction Exécution reçoit ensuite tous les ordres et doit décider des priorités à appliquer en fonction de l'état des buffers concernés, toujours suivant les préconisations de la méthodologie DDMRP.

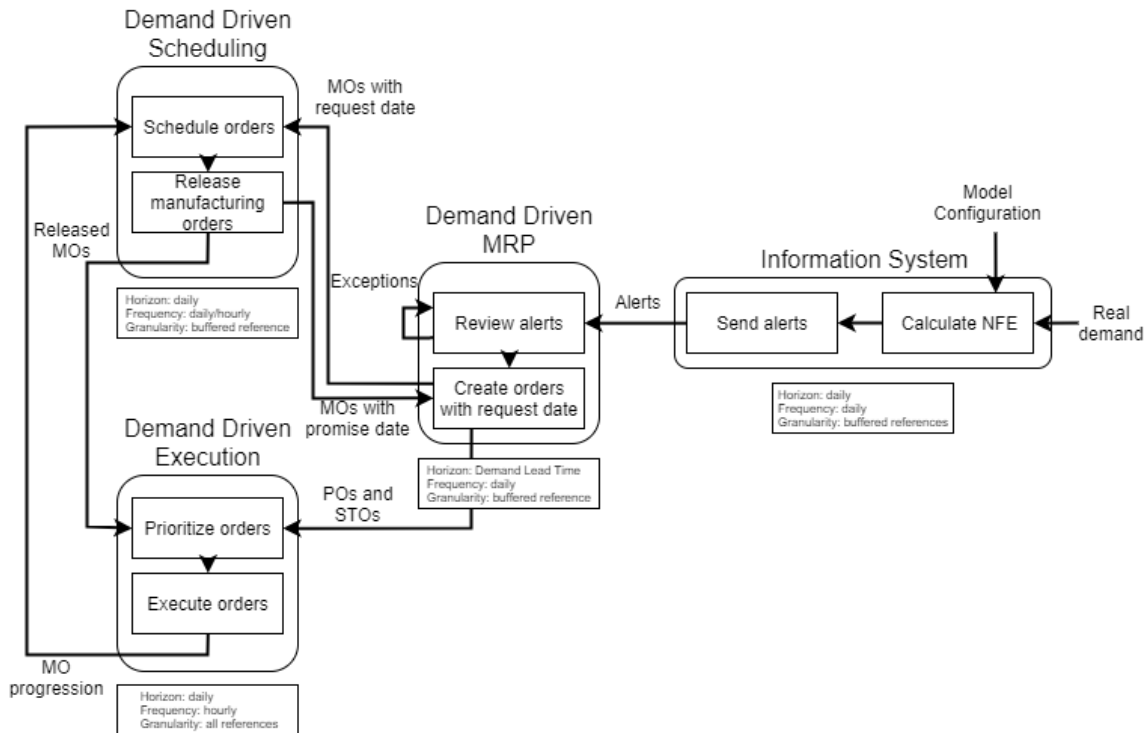


Figure 5 – Processus de production

On note, dans ce macro-processus, trois variations principales par rapport au modèle proposé par le Demand Driven Institute. Premièrement, l'utilisation d'un système d'information comme calculateur central représente une obligation pour les implémentations de la méthodologie DDMRP actuellement et, cependant, ne fait aucunement partie des sujets abordés dans les publications du Demand Driven Institute. Or, les experts font état d'un grand nombre de difficultés centrées sur le manque d'outils versatiles et performants qui pourraient venir soutenir leurs déploiements.

Dans un second temps, les experts ont exprimé un besoin supplémentaire de traitement des exceptions, représenté par une boucle spécifique à l'activité de revue d'alertes. Ce besoin est lié à la nécessité de devoir adapter chaque déploiement au contexte spécifique des industriels, que ce soit lié à l'organisation physique du flux de matières, ou à des règles spécifiques de gestion des ordres.

Le dernier point important à noter dans l'utilisation de la méthode DDMRP par les experts est l'utilisation de dates et de quantités fixes lors de la création des ordres. Ceci va à l'encontre de la méthodologie classique dans laquelle les ordres de production sont sensés remplir le carnet devant chaque machine sans date, ni quantité prédéfinie.

3.4. Le processus d'amélioration continue : comprendre les écarts aux prévisions

Le macro-processus est inclus ci-dessous en figure 6. Il fait principalement appel à la fonction Demand-Driven S&OP. Afin de donner une meilleure visibilité concernant la provenance des données d'entrées, les activités d'où ces données proviennent ont été ajoutées à la figure. Deux cycles sont présents : un cycle quotidien pour la collecte des données et un cycle d'une longueur maximale égale à deux fois le plus long DLT de la chaîne, dont le but est de suivre les chantiers d'amélioration tout en conservant une bonne agilité. Les entrées sont multiples mais elles partagent une caractéristique commune : ce sont des enregistrements d'écarts par rapport à un comportement attendu. Il peut s'agir, par exemple, d'une variation dans la demande reçue quotidiennement, d'une variance de planification due à une indisponibilité de la capacité ou d'une variation au cours de l'exécution, comme un cas de non-qualité problématique.

Les trois principales activités réalisées par la fonction Demand-Driven S&OP nécessitent : (i) l'analyse de la variance de toutes les autres activités, pour identifier les écarts problématiques et tenter de les expliquer, (ii) l'exploitation tactique, d'où partent les décisions d'amélioration basées sur des scénarios et (iii) le suivi des chantiers d'amélioration continue.

Puisque les améliorations proposées peuvent parfois avoir des conséquences sur le modèle opératoire, elles sont considérées comme une donnée de sortie pour ce processus. On peut en effet être amené à revoir les

facteurs d'incertitudes ou les tailles des buffers suites à ces chantiers d'amélioration continue, ce qui doit ensuite être reporté sur le modèle opératoire.

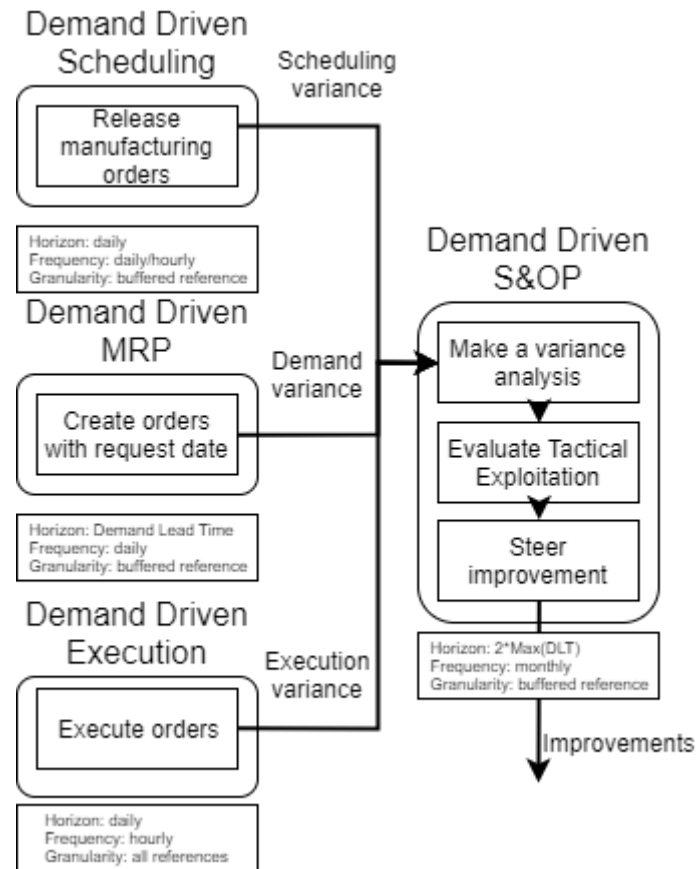


Figure 6 – Processus d'amélioration continue

Sur ce macro-processus particulier, on note deux points d'attention de la part des experts. Tout d'abord, les préconisations concernant les indicateurs à utiliser leur semblent insuffisantes. Ils ont noté que, pour offrir la meilleure analyse des écarts dans les données, le jeu d'indicateurs pourrait être enrichi. Deuxièmement, l'activité d'exploitation tactique (« Evaluate Tactical Exploitation ») manque encore de définition et pourrait être décomposée plus finement. Ceci permettrait de mieux comprendre les enjeux de cette activité, mais aussi l'utilisation à faire des données d'entrée-sortie à l'intérieur.

3.5. Cartographie complète : une vue d'ensemble du processus

La cartographie complète, résultat de l'agrégation de l'ensemble des macro-processus, est donnée ci-dessous en figure 7. On y retrouve les cinq fonctions telles qu'elles sont décrites par la méthodologie Demand Driven Adaptive Enterprise, ainsi que le système d'information. Celui-ci a été rajouté du fait de son utilisation centrale lors des déploiements par les experts. La cartographie présente également les horizons, fréquences et granularité pour chaque fonction.

Les fonctions peuvent être regroupées en trois horizons principaux : (i) l'horizon stratégique, qui comprend l'Adaptive S&OP, (ii) l'horizon tactique, qui comprend le Demand Driven S&OP et (iii) l'horizon opérationnel, où se retrouvent les fonctions incluses dans les premières publications sur le DDMRP (Demand Driven MRP, Demand Driven Scheduling et Execution).

A travers les paragraphes précédents, nous avons vu que des désaccords existaient entre la méthodologie telle qu'elle est présentée par le Demand Driven Institute et l'utilisation qui en est faite par les experts lors des déploiements. Ces désaccords portent principalement sur les variations qui existent autour de la cartographie initiale fournie dans la publication de référence (C. Smith, Ptak, et Ling 2017). Ceci prêche donc

à penser que la cartographie proposée ci-dessous aura besoin d'évoluer pour proposer la meilleure réponse possible à la réalité de l'utilisation de la méthode DDMRP.

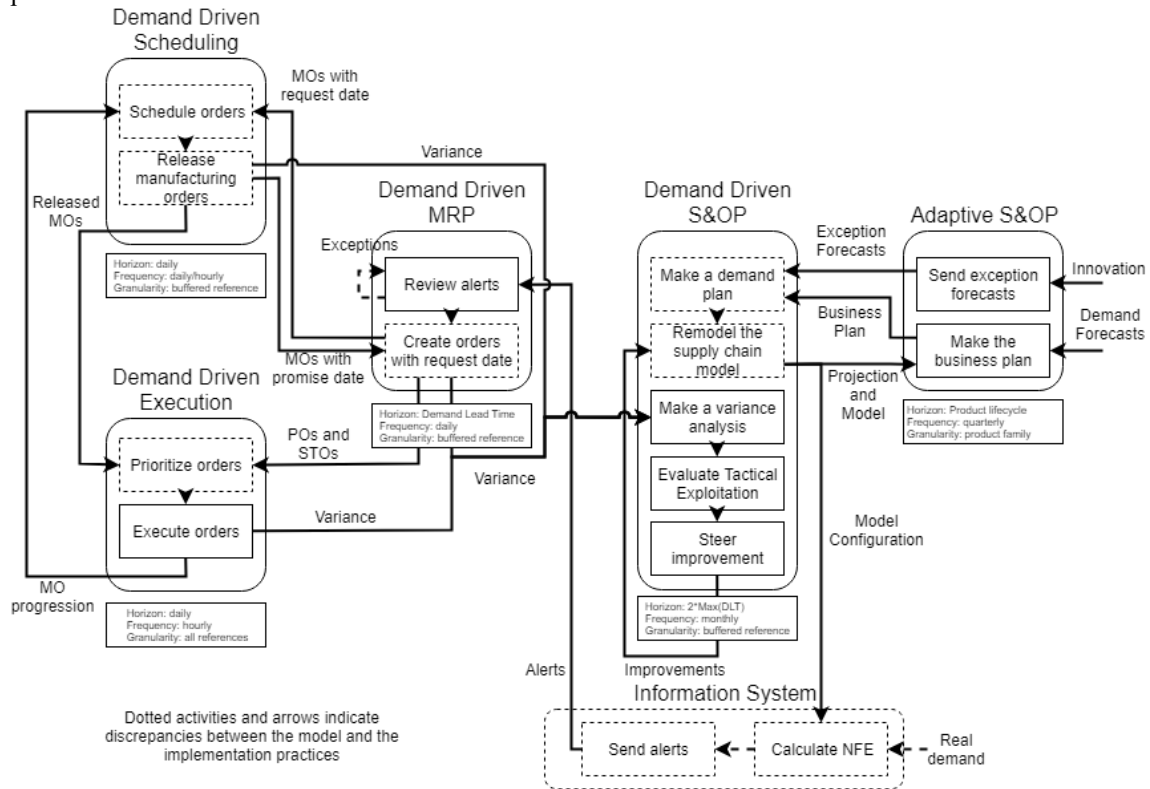


Figure 7-Cartographie complète du modèle Demand Driven Adaptive Enterprise

Les activités et les flux d'informations en pointillés représentent les écarts majeurs entre l'expérience de déploiement des experts et la méthode telle qu'elle est présentée dans les publications du Demand Driven Institute. On peut noter deux catégories principales :

- Les écarts dus à l'adaptation de la méthode à la réalité du terrain lors du déploiement, qui nécessitent souvent de revoir les méthodes de gestion préconisées, et qui se retrouvent principalement dans l'étage opérationnel
- Les écarts liés à un manque d'information et à une difficulté technologique, telle que la mise à jour fréquente des niveaux de buffers ou la gestion précise des alertes

4. Evolution et utilisation future de la cartographie

Un système de production en flux tiré peut répondre selon les auteurs à différentes caractéristiques qui sont de fait portées par des activités différentes du modèle DDAE :

- un système pour compléter un stock aval suite à la consommation de ce stock (Spearman, Woodruff, et Hopp 1990). Le travail est coordonné suite à la remontée d'un signal de consommation d'un buffer aval. Il peut remonter de machine en machine (kanban), ou de la source de consommation vers toutes les machines (EKCS, base stock) (Dallery et Liberopoulos 2000). Dans le modèle Demand Driven Adaptive Enterprise, on se reportera au processus de génération des ordres de fabrication de la fonction DDMRP.
- des boucles de contrôles servent à limiter l'encours et permettent de maîtriser le temps de cycle du système (Spearman, Woodruff, et Hopp 1990; Gaury 2000). C'est cette définition qui a aussi donné naissance aux méthodes CONWIP (Spearman, Woodruff, et Hopp 1990), COPACABANA et POLCA (Prakash et Chin 2014). Ceci est partiellement vrai pour les systèmes Kanban dans la mesure où, en environnement à forte diversité, la multiplicité des kanbans peut générer un engorgement ou un désamorçage de l'atelier (Askin et Krishnan 2009). Dans le modèle Demand Driven, ceci correspond au processus Demand Driven Scheduling qui doit garantir une gestion efficace des flux sur les points de contrôle dans le but de maîtriser l'encours de production.

- le flux tiré utilise des signaux visuels pour synchroniser les flux de travail avec la capacité des processus. Le choix du début d'une opération est ainsi déclenché par la fin d'une autre (Turner et al. 2012). Il s'agit d'une vision fortement décentralisée de la prise de décision, où l'opérateur sur ligne doit pouvoir prendre la décision du déclenchement des opérations. Dans le modèle Demand Driven Adaptive Enterprise, cela correspond à la fonction Demand Driven Execution, qui vise à fournir aux opérateurs des indicateurs pour prioriser en temps réel les activités à réaliser.

En distinguant les trois fonctions de l'horizon opérationnel (MRP, Scheduling et Execution), le modèle Demand Driven permet de reposer la question des processus à piloter de manière centralisée ou décentralisée. On peut parfaitement imaginer un modèle fortement décentralisé pour lequel, sur la base d'alertes, des opérateurs sur ligne responsables du réapprovisionnement de quelques buffers, génèrent des ordres de fabrication, les priorisent sur des points de contrôles et déclenchent leur exécution. Néanmoins, les cas d'études relatés dans la bibliographie font plutôt état d'un processus DDMRP centralisé, dans lequel un centre de décision génère les ordres pour toute l'usine et d'une exécution, par contre, décentralisée. La gestion des points de contrôle, quant à elle, reste souvent peu détaillée.

Les systèmes en flux tiré ont été associés à des productions en ligne et à des processus d'assemblage (Khojasteh et Sato 2015) et peu, voire pas, à des environnements en job shop. Une des particularités du modèle Demand Driven Adaptive Enterprise est de ne faire aucune hypothèse sur la structure du système de production si ce n'est la maîtrise des temps de cycle, supposés constants. Dans ces conditions, l'efficacité de la méthodologie Demand Driven à des unités de production avec des gammes multiples et variées demande à être validée. Il est possible de souligner, par exemple, un risque de nervosité du système dans certaines configurations physiques. Alors que, d'après ses auteurs, DDMRP offre des aptitudes d'amortissement des variabilités au niveau des buffers.

A l'horizon tactique, une des originalités de la fonction Demand Driven S&OP est de gérer des paramétrages sur des familles de produits afin de faire face à une diversité importante. De l'aveu même des auteurs, le paramétrage du dimensionnement des buffers, l'usage de prévisions pour adapter le modèle, le transfert de produits entre familles ainsi que le lissage de charge sur les ressources critiques restent basés sur des grands principes déjà présents dans les autres méthodes, et ne sont pas validés par des modèles dédiés. (C. Smith, Ptak, et Ling 2017) mettent, pour leur part, plus l'accent sur l'agilité de la fonction Demand Driven S&OP du fait du processus d'amélioration continue que sur la précision des modèles. Des outils et modèles restent donc à développer pour supporter ce processus. On peut notamment penser à améliorer la précision de la méthodologie concernant la meilleure façon d'intégrer les prévisions pour cet horizon.

Sur le niveau long terme, le processus Adaptive S&OP reste proche d'un modèle S&OP classique développé dans la démarche dite de *Manufacturing Resources Planning* (MRPII). Néanmoins, il intègre une question stratégique sur le positionnement des buffers qui peut ainsi être revu régulièrement, adapté à l'évolution de la demande ou des capacités. La littérature n'aborde cette question pour les systèmes en flux tirés avec des hypothèses importantes (ligne de production, système d'assemblage en ligne). Par comparaison, la fonction Adaptive S&OP offre un cadre pour aborder de façon beaucoup plus générique cette question.

5. Conclusion

Pour la première fois depuis la publication du modèle Demand Driven Adaptive Enterprise par le Demand Driven Institute, une cartographie détaillée a été proposée. On peut y retrouver, de manière explicite, chaque activité à réaliser, ainsi que les fonctions nécessaires à la réalisation de celle-ci. Cependant, les résultats montrent également que l'interprétation de cette cartographie peut mener à des interprétations très différentes. Au vu des écarts relevés entre les chantiers suivis par les experts et la méthodologie Demand Driven officielle, il serait bénéfique de continuer à faire évoluer cette cartographie.

En s'intéressant à l'adaptation de la méthodologie Demand Driven à la réalité physique des ateliers, il serait possible de faire un pas vers une cartographie réellement généralisable. L'utilisation de plusieurs cas d'études, extraits des projets réalisés par des experts, constituerait une base solide pour faire progresser les connaissances sur le modèle Demand Driven Adaptive Enterprise. Dans ce même esprit de généralisation, les hypothèses liées aux méthodes employées par les experts lors de leurs déploiements pourraient être éprouvées en détails.

Dans un horizon plus large, la cartographie présentée ici pourrait également servir de base pour la définition d'agendas de recherche partagés. La vision processus aiderait à délimiter clairement les activités, fonctions ou flux d'informations impactés par les travaux de recherches effectués par chacun.

6. References TBU

- Askin, Ronald G., et Shravan Krishnan. 2009. « Defining inventory control points in multiproduct stochastic pull systems ». *International Journal of Production Economics* 120 (2): 418–429.
- Cox, J. F., et J. H. Blackstone. 2002. « APICS Dictionary, 10th Edn (Alexandria, VA: APICS) ».
- Dallery, Yves, et George Liberopoulos. 2000. « Extended kanban control system: combining kanban and base stock ». *IIE transactions* 32 (4): 369–386.
- Doumeingts, G. 1984. « La méthode GRAI ». *University of Bordeaux, Bordeaux*.
- Doumeingts, Guy. 1984. « Méthode GRAI, Méthode de Conception et de Spécification des Systèmes de Productique ».
- Gaury, Eric Georges Antoine. 2000. « Designing pull production control systems: customization and robustness ». Tilburg University, School of Economics and Management.
- Goldratt, Eliyahu. 1999. *Theory of constraints*. North River Press, Great.
- Ihme, Mathias. 2015. « Interpreting and applying demand driven MRP: a case study ». PhD Thesis, Nottingham Trent University.
- Ihme, Mathias, et R. Stratton. 2015. « Evaluating demand driven MRP: a case based simulated study ».
- Jiang, Jingjing, et Suk-Chul Rim. 2016. « Strategic Inventory Positioning in BOM with Multiple Parents Using ASR Lead Time ». *Mathematical Problems in Engineering* 2016.
- Khojasteh, Yacob, et Ryo Sato. 2015. « Selection of a pull production control system in multi-stage production processes ». *International Journal of Production Research* 53 (14): 4363–4379.
- Kim, Soung-Hie, et Ki-Jin Jang. 2002. « Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR ». *International Journal of production economics* 76 (2): 121–133.
- Klein, Philippe. 2015. « Evaluation et simulation de l'implémentation d'une méthode de réapprovisionnement basée sur la consommation réelle au sein d'un environnement de production orienté projet. »
- Martin, Andre J. 1995. *DRP: distribution resource planning: the gateway to true quick response and continuous replenishment*. John Wiley & Sons.
- Miclo, R., F. Fontanili, M. Lauras, J. Lamothe, et B. Milian. 2016. « An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP ». *IFAC-PapersOnLine* 49 (12): 1725–1730.
- Miclo, Romain. 2016. « Challenging the " Demand Driven MRP" Promises: a Discrete Event Simulation Approach ». PhD Thesis, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.
- Miclo, Romain, Franck Fontanili, Matthieu Lauras, Jacques Lamothe, et Bernard Milian. 2015. « MRP vs. demand-driven MRP: Towards an objective comparison ». In *Industrial Engineering and Systems Management (IESM), 2015 International Conference on*, 1072–1080. IEEE.
- . 2016. « An empirical study of Demand-Driven MRP ». In *ILS 2016-6th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain*.
- Orlicky, Joseph. 1975. *Material requirements planning*.
- Pande, Peter S., Robert P. Neuman, et Roland R. Cavanagh. 2000. *The six sigma way*. McGraw-Hill.
- Prakash, J., et J. F. Chin. 2014. « Comparison between production controls in multi-stage multi-product manufacturing environments: two case studies ». *Production & Manufacturing Research* 2 (1): 477–500.
- Ptak, C., et C. Smith. 2011. « Orlicky's Material Requirements Planning McGraw-Hill Education-Europe ».
- Ptak, Carol A., et Chad Smith. 2016. *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. Industrial Press, Incorporated.
- Shofa, Mohamad Jihan, et Wahyu Oktri Widyarto. 2017. « Effective production control in an automotive industry: MRP vs. demand-driven MRP ». In *AIP Conference Proceedings*, 1855:020004. AIP Publishing.
- Smith, Chad. 2013. « Staying Demand Driven ». *Strategic Finance* 95 (6): 43.
- Smith, Chad, C. Ptak, et Dick Ling. 2017. « The Demand Driven Adaptive Enterprise Model ». Demand-Driven Institute.
- Smith, Debra, et Chad Smith. 2013. *Demand Driven Performance*. McGraw Hill Professional.

- Spearman, Mark L., David L. Woodruff, et Wallace J. Hopp. 1990. « CONWIP: a pull alternative to kanban ». *The International Journal of Production Research* 28 (5): 879–894.
- Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho, et S. Uchikawa. 1977. « Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system ». *The International Journal of Production Research* 15 (6): 553–564.
- Turner, Richard, Dan Ingold, Jo Ann Lane, Ray Madachy, et David Anderson. 2012. « Effectiveness of kanban approaches in systems engineering within rapid response environments ». *Procedia Computer Science* 8: 309–314.
- Womack, James P., et Daniel T. Jones. 1997. « Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation ». *Journal of the Operational Research Society* 48 (11): 1148–1148.