

MASTER 2 SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

**TITRE DU MEMOIRE : RECHERCHE DU KANBAN
ADEQUAT DANS UN OBJECTIF DE GAIN DE PLACE**



Etudiante : Sarah Lorch

Tuteur universitaire : Marc Barth

Année universitaire : 2015-2016

RECHERCHE DU KANBAN ADEQUAT DANS UN OBJECTIF DE GAIN DE PLACE.

Sarah Lorch

RESUMÉ

L'objectif de ce mémoire est de former une problématique d'entreprise pour y répondre à l'aide de solutions déduites de la littérature scientifique. Le contexte se situe dans l'usine 2 du site d'Obernai de l'entreprise Hager qui fabrique des interrupteurs différentiels. Le business model de l'entreprise étant en pleine mutation, celle-ci doit faire face à des pics de vente de plus en plus importants. De plus, elle s'apprête à accueillir une nouvelle ligne de production afin d'améliorer la compétitivité du site. Pour la gestion de ses approvisionnements en bord de ligne, le service logistique utilise le système Kanban. Confrontée à un manque de place dans son atelier, l'entreprise doit réussir à réduire ses stocks en Kanban tout en gardant un taux de service au maximum pour répondre à ces challenges. Dans ce mémoire, après avoir posé la problématique, nous verrons des solutions issues de la bibliographie que nous finirons par évaluer en rapport avec le cas de Hager.

Mots clés : Kanban - Contrainte de place - Stock - Volume - Réduire

CHAPITRE 1 : EN QUOI LE MANQUE DE PLACE CHEZ HAGER FORME UNE PROBLEMATIQUE ET DEMANDE UNE REMISE EN QUESTION DU SYSTEME KANBAN DE L'ENTREPRISE ?

Dans cette première partie, nous décrivons le contexte de cette étude qui se situe dans l'entreprise Hager et nous parlerons des utilisateurs concernés par le sujet. Nous verrons ensuite le besoin détecté et en quoi celui-ci est important pour Hager. On déduira de ce besoin un problème qui nous mènera à la problématique et formera le fil conducteur de ce mémoire.

1.1. Qui est concerné ? Dans quel contexte ?

1.1.1. Utilisateurs

Hager Electro à Obernai est spécialisé dans la production d'appareillages électromécaniques avec la fabrication de disjoncteurs (protection des équipements des bâtiments) et d'interrupteurs différentiels (protection des équipements et des personnes). Le site d'Obernai est formé de trois usines de production, chacune ayant sa spécialité.

Nous nous concentrerons dans ce mémoire sur l'Usine 2 (U2) qui produit des interrupteurs différentiels et nous nous intéresserons plus particulièrement aux services « logistique interne » et « fabrication U2 » au sein de cette unité de production.

Le service logistique interne a pour rôle principal d'assurer l'approvisionnement des composants depuis les magasins centraux vers les secteurs de production et d'évacuer les produits finis en direction d'une plate-forme logistique de l'entreprise. Plus globalement, ce service gère la plupart des flux internes (physiques et d'informations) entre les fournisseurs internes de l'entreprise et fabrication. Cependant, ce service ne gère pas les flux une fois en dehors de l'usine. Son client interne est le service fabrication, qu'il doit satisfaire en répondant à ses besoins tant en quantité/délais (éviter les ruptures logistique) qu'en qualité de service (respect du FIFO, le bon composant au bon endroit, ...), tout en rationalisant ses coûts. Le service est composé de 24 magasiniers (divisés en 4 équipes) et également d'un manager, un support et d'un methodiste.

Le service fabrication U2 quant à lui est formé de plusieurs secteurs reliés entre eux. Le pré-montage forme des sous-ensembles, assemblés ensuite à des socles et couvercles marqués. Le bon fonctionnement du produit

est ensuite contrôlé par une machine. Les dernières étapes sont les finitions puis l'emballage. Beaucoup des composants de l'interrupteur différentiel sont fabriqués par l'entreprise : par exemple, presque 100% des composants plastiques et métalliques proviennent des usines Hager.

1.1.2. Environnement

L'usine 2 de l'entreprise est dans une période de transition pour deux raisons : d'une part, le business model d'Hager Group est en pleine évolution. En effet, celui-ci passe d'un marché stable (secteur résidentiel, ventes lissées sur l'année) à un marché d'affaires, comprenant des gros projets dans le secteur tertiaire. La logistique et la production doivent donc s'adapter à des pics de ventes de plus en plus fréquents et à d'importantes variations dans les références produites.

D'autre part, l'usine 2 se prépare à accueillir un nouvel îlot de production dans ses murs, appelé « le Projet IDfix » pour Interrupteur Différentiel à forte intensité (X pour 10kA). L'implantation de ces nouvelles machines va permettre d'accroître la compétitivité de l'entreprise mais également de pérenniser les emplois du site d'Obernai.

L'usine Hager est rythmée par un Kanban double boucle. Une boucle va déclencher la fabrication des pièces en fonction de la production en amont (appelé ici Kanban de fabrication), l'autre boucle va déclencher l'approvisionnement des pièces.

Dans ce mémoire nous nous concentrerons sur l'approvisionnement des secteurs de production en composants par le biais de ce qu'on appelle le Kanban de distribution.

Selon Ahmad Naufal et al. (2012), le Kanban est un système de gestion des stocks qui déclenche un signal pour la production d'un produit sur la base de la demande réelle du client. Il assure l'approvisionnement du bon composant, dans la bonne quantité, au bon endroit et au bon moment. Ce système fonctionne par le biais de cartes pour réguler les flux physiques lors du processus de production. Le Kanban a été élaboré par Taiichi Ohno après la 2nd guerre mondiale, et a été mis en application pour la première fois

dans les années 50 sur des lignes de production de la Toyota Motor Company.

Dans l'usine 2 de Hager, le Kanban de distribution est déployé sur quasiment toutes les pièces fournies par la logistique (sauf quelques exceptions, particulièrement pour les références très exotiques ou pour les références approvisionnées en palettes entières). Cependant, ce système ayant récemment fait son apparition dans l'usine (il y a environ 3 ans), n'est pas encore complètement rentré dans les mœurs. Selon Yasuhiro Monden (1993), le kanban de distribution spécifie le type et la quantité d'un produit que le processus de manufacture doit prélever du processus précédent.

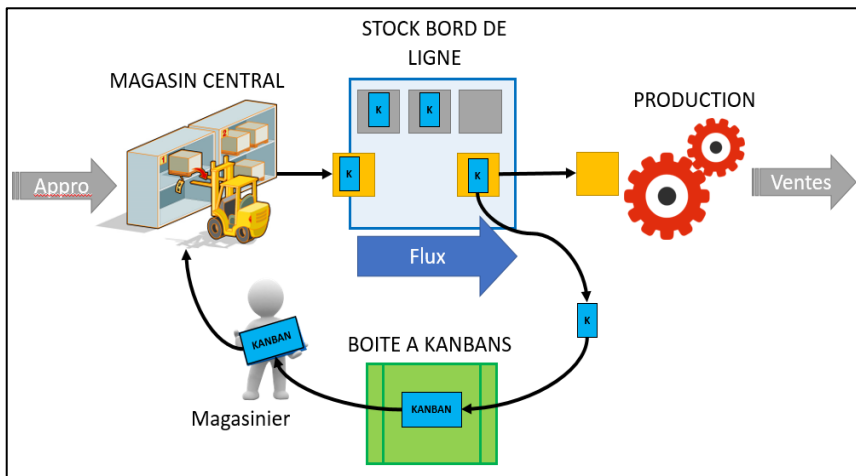
La figure 1 décrit schématiquement le fonctionnement du système Kanban chez Hager. Les flux physiques et d'information se déroulent de la manière suivante : tout d'abord, à fréquence définie, le magasinier suit un circuit dans l'usine pour récupérer les kanbans (ici les cartes/étiquettes kanban) déposés dans des boîtes. Sur ces kanbans se trouvent toutes les informations nécessaires au magasinier (combien de kanbans avant de commander, où et combien commander, etc.). Une fois récupérés par le magasinier, les composants sont ensuite mis à disposition par lots définis au préalable (à la pièce, en bac ou en chariot complet). Ceux-ci sont accompagnés d'une carte kanban et déposés en bordure de secteur. Le système est inspiré de celui du supermarché. Pour la plupart des approvisionnements en bacs, ceux-ci sont déposés dans une structure permettant le respect du FIFO, dans des rayonnages à arrivée dynamique (avec approvisionnement à l'arrière et récupération à l'avant).

Enfin, lorsque le lot est entamé pour la première fois par l'opérateur, le kanban est sorti de son contenant et est déposé dans la boîte à kanbans.

Chez Hager, ce système a donc pour avantage principal de standardiser le travail des magasiniers en re-complétant les bords de lignes suivant les consommations réelles du secteur. Il a également des contraintes car il impose aux magasiniers de passer physiquement et de manière régulière récupérer les kanbans. Aussi, il a été

dimensionné de manière fixe et ne correspond alors par forcément aux besoins réels.

Fig.1.
Schéma du principe du Kanban chez Hager



L'approvisionnement en amont des composants, depuis les magasins centraux vers la logistique qui achemine ensuite ces pièces vers les secteurs de production, dépend de leur lieu de stockage : il y a deux possibilités. Les pièces peuvent provenir du transstockeur automatisé du site (appelé HRL et situé de l'autre côté d'un boulevard), et sont commandées en palette ou picking par les magasiniers. Cette commande arrive par le biais d'une navette régulière (qui passe environ toutes les 2 heures sauf la nuit), il y a donc un temps d'attente plus ou moins important en fonction de l'heure de la commande. L'autre possibilité est que les pièces soient stockées directement dans le magasin de l'usine U2 et U3, l'approvisionnement peut se faire alors rapidement.

1.2. Quel est le besoin ? En quoi ce sujet est-il important ?

1.2.1. Le besoin

Comme évoqué dans la partie précédente, l'usine est dans une période charnière de son histoire de par la mutation de son business model mais surtout par la concrétisation du projet IDfix. En effet, ces nouvelles

machines vont devoir s'intégrer dans une usine où il reste peu d'espace libre. Actuellement, la place au sol est utilisée soit par des machines, soit par du stockage (sous forme de palette, de shop-stock et de chariots)

et les mètres carrés se font rares. La figure 2 représente l'Usine 2 (nous ne traiterons pas des parties grisées).

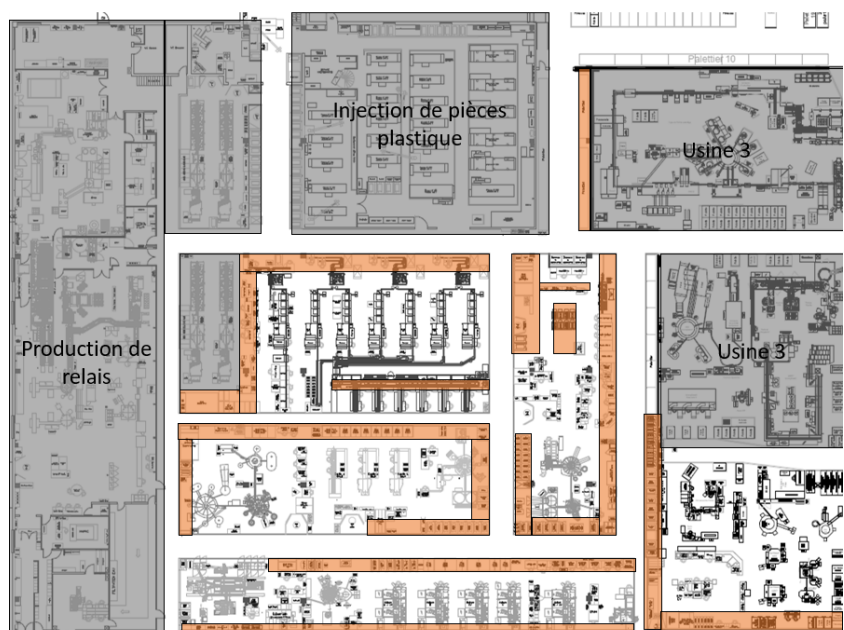
En orange, nous pouvons voir la place utilisée par les stockages attribués au Kanban. Le reste est utilisé soit par les machines (et donc ce qui apporte la valeur ajoutée de l'entreprise), soit par les allées et passages. La place utilisée par les stockages en Kanban est d'environ 25% de la surface totale, ce qui est

important en comparaison de celle attribuée à la valeur ajoutée (60%).

Le besoin réel est de libérer de la surface au sol dans l'usine 2, afin de laisser de la place pour l'implantation des nouvelles machines. L'objectif étant simplement de pouvoir mettre en place le projet IDfix dans l'atelier dans de bonnes conditions.

Ainsi, le besoin est de libérer 150 m² en réduisant les surfaces de stockages dédiés au Kanban en bord de ligne dans l'usine.

Fig. 2.
Zones bord de ligne utilisées par le kanban



1.2.2. Les enjeux

Nous pouvons dégager 3 enjeux principaux pour ce besoin :

Le premier et le plus important est la conservation du taux de service au maximum pour le client interne du service logistique. Les stocks en bord de ligne sont des stocks de sécurité et forment donc un élément primordial pour éviter les ruptures et donc les arrêts de production. Si la place utilisée par le Kanban est purement et simplement réduite, le flux va se tendre et risquera de céder. Cela fera chuter le taux de service et ainsi perdre du temps et donc de l'argent à l'entreprise.

Le second enjeu est de libérer la place utilisée par du stock pour y installer des machines et donc de la valeur ajoutée. C'est ce qui fait le cœur de métier de l'entreprise car celle-ci n'a bien sûr aucun intérêt à sur-stocker des composants. De cela induit l'amélioration de la compétitivité de l'entreprise par sa capacité de production et de flexibilité.

Et enfin, le dernier enjeu est la conservation du système kanban dans l'entreprise. Cet outil de gestion est considéré comme fiable et visuel par le service logistique. Il permet de garder une certaine flexibilité car est modulable à souhait. Aussi, il convient à la démarche lean dans laquelle l'entreprise se dirige de par la vocation à l'amélioration continue de cet outil.

1.3. Déduction d'une problématique

Les stocks en bord de ligne actuels ont été calculés pour répondre à la consommation des secteurs de production pendant un minimum de 12 heures.

Ce chiffre prend en compte plusieurs points : tout d'abord, le temps maximum de l'acheminement des pièces en provenance du HRL (et donc arrivant par navette régulière). Dans ces 12 heures il y a également le temps maximum de réactivité des magasiniers (en fonction de la fréquence des passages de récupération des kanbans).

Le nombre de pièces à stocker pour tenir ce temps est calculé en fonction de l'historique des consommations des références et ne sont donc pas fiables à 100% c'est pourquoi il faut aussi y ajouter une marge d'erreur, car le

schéma actuel de l'entreprise ne correspond plus à des consommations lissées : les pics de ventes se font de plus en plus fréquents. Ces 12 heures (et bien souvent beaucoup plus) de stock représente un grand nombre de pièces et par conséquent une surface au sol utilisée importante ce qui forme un problème.

En outre, Hager n'a plus la possibilité ni la volonté de stocker autant ou en plus grande quantité pour répondre à la demande. En effet, l'entreprise pourrait stocker en plus grande quantité afin de répondre aux pics de consommation. Elle préfère se mettre sous contrainte et trouver des solutions pour réduire la place effective du stock sans le déplacer ailleurs (ou même l'augmenter). Si ça n'avait pas été le cas, une des solutions aurait pu être d'agrandir l'usine pour le stockage par exemple. Nous ne traiterons donc pas ce type de solution dans le chapitre 2.

Le système Kanban originel (c'est-à-dire le Kanban tel qu'il a été créé par Toyota) ne fonctionne pas dans tous les cas de figures. Il est important de rappeler que le Kanban a été créé pour correspondre aux besoins bien spécifiques de l'industrie automobile. Cette industrie a des caractéristiques de production sous plusieurs aspects différents du secteur d'activité de Hager. En effet, il existe des restrictions au système de Toyota, qui sont reportées dans la littérature (Ohno, 1982 ; Slipper and Bulfin, 1997 ; Aggarwal, S.C., 1985) : il ne convient pas aux situations où la demande et le lead time sont instables, pour des opérations non standardisées, des temps de mise en route long et un apport de matières premières incertain.

L'automobile est un secteur d'activité ayant un lead time et des composants/sous-ensembles standardisés. Elle diverge donc de l'entreprise Hager qui propose un mix important de composants et une adaptation importante du produit en fonction des clients.

Aussi, comme vu précédemment, Hager est en pleine évolution et est donc confrontée à des pics de ventes et à de l'instabilité de la demande qui se répercute directement sur sa production. Ainsi, l'entreprise ne répond pas à ces critères et ne peut pas se recentrer sur

les origines du système Kanban pour gagner en place en réduisant les stocks.

Nous pouvons en déduire que le Kanban actuel dans l'usine 2 de Hager ne convient plus à ses besoins de par sa mutation. L'usine n'étant plus dans une configuration qui permette le fonctionnement adéquat du Kanban actuel, il lui faut donc un autre système qui convienne à son fonctionnement et à ses nouvelles contraintes.

Ainsi, l'objectif est de trouver un kanban qui permette de réduire les stocks en bord de ligne au minimum tout en répondant aux variations de la production sans tomber en rupture de stock.

Nous pouvons donc poser la problématique suivante : **Quel système kanban pour réduire sa place utilisée (surface au sol) par les stocks tout en gardant un taux de service au maximum ?**

Nous tenterons de répondre à cette problématique dans le prochain chapitre en proposant des solutions extraites de la bibliographie, après avoir passé en revue le matériel et la méthode utilisés pour la collecte d'informations.

CHAPITRE 2 : SOLUTIONS DEDUITES D'UNE ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE EN RELATION AVEC LE GAIN DE PLACE PAR LE BIAS DU SYSTEME KANBAN

Ce chapitre a pour objectif de présenter la démarche de recherche de solutions en réponse à la problématique développée précédemment, puis de décrire et analyser ces solutions.

2.1. Méthode et matériel

Cette partie consiste dans un premier temps à expliquer le matériel utilisé et la méthode suivie pour la recherche de solutions. La méthode constitue le moyen utilisé dans ce mémoire pour parvenir à un résultat. Le matériel forme les ressources (de toutes sortes) utilisées pour obtenir les solutions.

2.1.1. Méthode

La recherche et la détermination de solutions pour ce chapitre se sont déroulées selon la démarche méthodologique suivante :

Etape 1 : Détermination des mots clés en rapport avec la problématique ;

Etape 2 : Recherche d'articles et sélection ;

Etape 3 : Détermination d'une classification des différents systèmes Kanbans ;

Dans un premier temps, il était nécessaire d'effectuer une recherche bibliographique par le biais de la base de données universitaires mise à disposition au sein de l'EM Strasbourg. Le but étant de faire une analyse globale des articles existant en rapport avec le thème choisi. Le sujet, portant sur un système Kanban qui permet de gagner de la surface au sol, a dû être délimité et étayé par des mots clés (étape 1) afin de permettre une recherche efficace d'articles scientifiques.

La recherche a été effectuée à l'aide de mots clés en anglais. En effet, il est important de noter que les bases de données universitaires utilisées sont internationales, et sont donc particulièrement riches en articles anglophones.

Puisque la recherche portait sur le thème du Kanban, les mots clés utilisés étaient généralement en combinaison avec le mot « Kanban ». Il était question de mettre ce mot en relation avec des sujets tels que la réduction des stocks, le gain de place ou de surface au sol, le Lean, etc. En anglais, de manière non exhaustive, les mots clés étaient donc : « Kanban », « Stock », « Inventory », « Ground surface », « Reduction », ... Nous pouvons traduire ces mots par : « Stock », « Réduire », « Surface au sol », « Gain de place », ...

Ensuite, il était question de rechercher et sélectionner les articles en fonction des résultats proposés par les bases de données (étape 2). Il n'a pas été difficile de trouver des articles proposant des solutions aux problèmes de ce mémoire. Cependant, la tâche la plus ardue fût de traiter la quantité d'articles afin de se concentrer sur les éléments importants dans la masse d'informations proposées.

La sélection s'est effectuée en suivant la méthode de l'entonnoir, du sujet le plus large

(le kanban en général par exemple), au plus précis : concentration sur des solutions comportant sur le cœur du problème du mémoire.

Le temps pour la construction et la rédaction de ce mémoire étant limité, il était impossible de sélectionner les articles en les lisant tous entièrement et en les étudiant avec précision. C'est pourquoi il a fallu faire preuve de pragmatisme en se référant aux résumés et aux plans des articles pour détecter les éléments et les développements correspondant aux besoins.

Les critères de choix étaient les suivants :

- Sujet correspondant à la problématique définie dans la partie 1 et comprenant les différents mots clés choisis.
- Date de parution des articles, dans l'optique de solutions plus ou moins récentes, c'est-à-dire ne datant pas des débuts du Kanban (date ultérieure aux années 1970).
- Application des solutions dans un cas réel d'entreprise ou non. En effet, il est important de privilégier les solutions testées et approuvées plutôt que les solutions 100% théoriques trouvables dans des articles de recherche scientifiques. Cependant les solutions uniquement théoriques ne sont pas à écarter complètement car elles peuvent apporter des solutions nouvelles au problème.

En prenant en compte ces différents critères, il a été possible d'extraire une sélection d'articles ayant un réel intérêt en regard de la problématique. Les bases de données utilisées pour ces recherches seront décrites dans la prochaine section.

L'étape 3 consistait à rassembler les différentes solutions (de systèmes Kanban) extraites de la bibliographie et de les classer. Le but de l'exercice était de former des familles de solutions logiques en triant les différents Kanbans à exploiter. Cette classification aura permis de définir le plan de la partie solution de ce mémoire.

2.1.2. Matériel

Les bases de données consultées pour la recherche bibliographiques ont constitué les ressources principales pour l'élaboration de ce mémoire.

Le classement des bases de données des plus utilisées au moins utilisées est le suivant :

- 1) Science direct
- 2) Google Scholar
- 3) ProQuest
- 4) Emerald Journals

Science direct (1) a été la base de données la plus utilisée car c'est celle qui proposait le plus d'articles (accessible directement) en relation au thème défini par les mots clés. La recherche est facilitée de par l'interface claire. C'est sur cet outil qu'a pu être trouvé l'article qui a formé le fil rouge dans la suite des recherches.

Google Scholar (2) fût également un outil très performant et a été le plus complet et riche pour la recherche bibliographique. Des articles précis ont pu être retrouvés uniquement par cette base de données. Cependant l'accès aux articles était pour beaucoup corrompu pour des raisons de droits de consultation. Ces problèmes d'accès aux articles ont formé la difficulté principale de l'élaboration des solutions car lors de recherche d'articles précis, l'accès fût impossible à de nombreuses reprises.

ProQuest et Emerald Journals (3 et 4) ont constitué des bases de données annexes en fonction des besoins d'articles bien spécifiques. Aussi, elles proposent une interface claire et une possibilité de récupérer facilement les références dans le but de les inscrire dans la bibliographie.

Lors de la recherche sur Science Direct, un article classifiant et expliquant trente-deux variations du Kanban a été trouvé, il est appelé : « Variations of the kanban system: Literature review and classification » (Muris Lage Junior, Moacir Godinho Filho, 2010). Cet article a formé une base solide pour la suite des recherches, car la bibliographie utilisée par les auteurs est riche et variée et a servi de référence principale pour l'élaboration de la partie solutions de ce mémoire.

2.2. Les solutions développées dans la bibliographie en réponse à la problématique

Cette partie va proposer une description des solutions tirées de la bibliographie pour cette problématique : Quel système kanban pour réduire la place utilisée (surface au sol) par les stocks tout en gardant un taux de service au maximum ?

Tout d'abord, nous planterons le décor en effectuant une typologie des kanbans en fonction des paramètres et autres éléments intéressants pour résoudre notre problème. Nous verrons ensuite deux catégories de solutions : les solutions se rapprochant le plus du système Kanban d'origine par ses propriétés, pour ensuite développer des solutions de type « hybride ».

2.2.1. Typologie des kanbans et leurs paramètres pris en compte dans ce mémoire

Nous avons pour objectif dans ce chapitre de proposer des solutions en regard de la problématique posée dans la partie précédente (problématique). Il est bien entendu question de solutionner un système Kanban de distribution. Cependant, nous partirons ici du principe qu'un système Kanban de production peut également être adapté en Kanban de distribution en fonction de ses caractéristiques et des ouvertures qu'il propose. Les solutions proposées dans cette partie seront uniquement dans un contexte de juste-à-temps qui est le concept de produire/commander le bon produit ou composant, dans la bonne quantité et au bon moment, selon Sohal et al. (1988).

Pour commencer, nous allons parler des paramètres choisis pour sélectionner les solutions correspondantes à notre problème.

Le premier élément important de noter est l'influence directe et indirecte de la solution sur le gain de place au sol. Lors de la recherche de solutions, il aurait été question d'une influence directe de la place au sol si l'un des paramètres/avantage apparent du système kanban « solution » aurait été tout simplement la diminution de la place au sol utilisée par le stock, régulé par le kanban.

Malgré de nombreuses recherches, aucune solution tirée de la bibliographie avec pour avantage de réduire la place au sol du stock n'a été trouvée. Le choix qui a été fait lors de la construction de ce mémoire a donc été de dégager des caractéristiques ou paramètres du Kanban ayant pour effet de réduire la place utilisée par les stocks en Kanban indirectement. Pour cela, nous nous baserons simplement sur le fait que la réduction des stocks en Kanban implique une réduction de leur place au sol.

Voici les deux caractéristiques retenues pour l'établissement des solutions :

La réduction du stock moyen :

Dans ce mémoire, nous déduiront que la réduction du stock moyen va influencer et donc induire indirectement un gain de place au sol utilisée par la Kanban.

Dans l'article scientifique de Muris Lage Jr et al. (2010) les kanbans sont répertoriés en fonction des avantages qu'ils procurent. Nous pouvons y trouver un avantage pertinent qui est « la réduction du niveau de stock moyen ». Malgré son manque de précision concernant des détails sur le type de stock qui sera réduit (bord de ligne ou magasin), cet avantage correspond clairement au besoin et sera donc la référence pour la sélection de solutions. Ce même article cite également les inconvénients des différents systèmes exposés, dont un qui « augmente le niveau de stock moyen ». Nous éviterons donc ces solutions dans ce mémoire.

La réactivité du système :

Nous considérons dans cette étude que la réactivité du système Kanban, ou autrement dit sa capacité à répondre plus ou moins rapidement à la demande de la production, est un second élément important à prendre en compte. En effet, nous pouvons partir du principe simple que plus le système Kanban sera capable de répondre rapidement aux besoins et consommations de composants de l'entreprise, plus le stock de sécurité en bord de ligne pourra être faible.

De cette caractéristique, nous pouvons déduire deux paramètres.

En premier lieu, la rapidité du flux d'informations : plus l'information des besoins arrive tôt, plus le système pourra être réactif face à la demande.

Selon Takahashi, Katsuhiko (2003) « Afin de répondre à un besoin d'agilité dans un environnement de Juste-à-temps [...] et à un des changements instables de la demande [...] le nombre de Kanbans et la taille des stocks tampons se doivent d'être ajustés et réactifs ». Cela montre bien que le Kanban, dans le contexte actuel peut et même doit être réactif pour répondre à des problématiques de juste-à-temps, similaire à la problématique de ce mémoire.

De cela nous pouvons déduire un second paramètre qui est le « dynamisme » du Kanban. Cela consiste à tenter de se rapprocher du Kanban « parfait », c'est-à-dire la bonne quantité en stock en fonction de la demande. Cela formerait en quelques sortes une synchronisation des stocks en Kanban en fonction de la demande réelle. Cela permettrait d'amortir plus facilement les variations de consommation en composants et surtout de réduire le stock de sécurité de par la justesse du calcul de ceux-ci.

Le paramètre évoqué ici correspondrait donc à la capacité du système à être flexible de par un Kanban à géométrie variable. Le Kanban peut donc s'ajuster en fonction de l'activité réelle de l'entreprise grâce à des itérations en fonction de la consommation des pièces en production.

De nombreux articles relatent l'importance d'un Kanban « dynamique » et « ajustable », c'est-à-dire modifiable rapidement, et même capable de s'auto-modifier en fonction de la demande. Le travail scientifique de Rees et al. (1987) fut l'un des premiers à évoquer ce besoin dans le but de réduire les stocks et d'augmenter la compétitivité : « [...] la nécessité que le nombre de Kanbans de chaque centre de travail soit ajusté périodiquement [...] dans un environnement de production instable ». Nous pouvons en déduire l'importance de traiter ce paramètre dans les solutions à notre problème notamment pour la conservation d'un taux de service au maximum.

Afin de clarifier la structure de la suite de ce mémoire, nous allons décrire la manière dont les solutions vont être classifiées en fonction de leur nature.

Dans un premier temps, nous verrons les solutions de Kanban dont les propriétés se rapprochent de celles du système Kanban d'origine. Qu'est-ce que nous considérons comme tel ?

Selon l'article de Muris Lage Jr. et al (2010), il existe quatre caractéristiques définissant le fonctionnement du système Kanban d'origine (autrement dit celui créé par Toyota) :

- L'utilisation de deux signaux de communication : le signal de la production (ou une autorisation d'un processus à produire une quantité fixe de produit) et le signal de transport (autorise le transport d'une quantité fixe d'un produit au maillon suivant de la chaîne). Cette caractéristique nous intéressera à moindre mesure car nous nous concentrons ici sur le Kanban de distribution (transport).
- Une production en flux tirés : la production est tirée en fonction du niveau de stock, du planning de production du poste de travail, ou tout simplement de la demande du client.
- Le contrôle décentralisé : le contrôle du flux de production/de l'état des stocks est effectué à travers le contrôle visuel par les employés à chaque étape du processus (de production ou distribution).
- Des en-cours limités : le niveau de stocks d'en-cours est limité dans chaque secteur de production, ce qui signifie une capacité finie du stock tampon.

Dans ce mémoire, nous considérerons qu'un Kanban fidèle au système Kanban d'origine dispose de 2 sur 4 caractéristiques communes à celles évoquées ci-dessus. Si le système n'a aucune caractéristique commune, il ne pourra pas être considéré comme un système Kanban ici car trop éloigné de ce qui est recherché.

Dans un deuxième temps, nous étudierons les solutions proposant des Kanbans que nous qualifierons comme étant « hybrides ».

Les raisons pour lesquelles nous nous intéressons à des solutions hybrides dans ce mémoire sont qu'il y a un intérêt à conserver le Kanban en tant que système tout en y ajoutant un autre un système en flux poussé. Cela permet donc de répondre au mieux à la problématique. En effet, un système hybride consiste à mélanger le système Kanban avec un autre système, par exemple, un outil de prévision tel que le MRP (Materials Resource Planning). Cela permet ainsi de fournir une meilleure réactivité et du dynamisme au système dans un objectif de réduction des stocks et de taux de service maximum.

Geraghty and Heavey (2005), développent dans leur article scientifique la définition d'un système hybride. Selon eux, il consiste à mélanger un système en flux tiré (la demande va tirer les flux et donc se reporter sur les différentes étapes du processus) avec un système en flux poussés (les plannings et prévisions vont pousser les flux et imposer le rythme aux secteurs de production). Nous partirons donc sur cette définition pour la suite de cette partie.

Il est important de noter que pour des raisons de rigueur, nous ne traiterons pas de système ne portant pas le nom « Kanban » malgré leurs similarités au Kanban dans ce mémoire. En effet, il existe de nombreuses solutions de ce type dans la bibliographie. Les systèmes qui ressortent le plus couramment sont le CONWIP que l'on pourrait traduire par « niveau constant de produit en cours de fabrication » et Cobacabana (COnTrol of BA lance by CArd BA sed Navigation). Il existe des articles portant sur le sujet : notamment pour le CONWIP, voir les articles de Gstettner et Kuhn (1996) et de Framinan et al (2003) et pour Cobacabana, celui de Thürer et al. (2015).

2.2.2. Solutions suivant la logique du Kanban d'origine

Dans cette section nous allons étudier plusieurs systèmes Kanbans que l'on peut considérer comme proche du Kanban d'origine (pour rappel, au minimum 2 sur 4

caractéristiques communes). Nous traiterons ces Kanbans par ordre chronologique de leur création, et nous suivrons un plan logique de description et d'exploitation pour chacun d'entre eux.

Decentralized Reactive Kanban System :

Développé par Takahashi et Nakamura (1999) et Takahashi et Nakamura (2002), sa traduction française pourrait être « Système Kanban décentralisé et réactif ».

Ce système est issu d'une recherche théorique uniquement, et n'a jusque lors pas été testé dans un cas pratique. Cependant, il est intéressant de le traiter car il possède les deux avantages recherchés qui sont la réduction du stock moyen et l'augmentation de la réactivité par rapport à l'approvisionnement des composants. Il se concentre sur la garantie d'une bonne performance du système de production en plusieurs étapes, dans un environnement où la demande est instable.

Le but de ce système est de contrôler les stocks de chaque poste de travail de manière indépendante et ce tout en répondant à la demande. Cela permet de garder les stocks d'en-cours à un niveau faible et de réduire le temps d'attente lors du traitement de la commande.

Son fonctionnement est le suivant :

- La commande de chaque étape est effectuée par le Kanban selon une équation précisée dans l'article de l'auteur.
- Le système d'information informatique (ERP) de l'entreprise va effectuer un contrôle au niveau de chaque poste de travail, ce qui va permettre de détecter les changements instables dans la moyenne ou la variance de la demande du produit. Il contrôle également le niveau des stocks tampon de chaque étape.
- En fonction de ces changements, l'approvisionnement des composants se régule tout en conservant un temps de passation de commande faible.
- La taille du stock tampon est fixé à 1 en correspondance au temps de transport.

La réactivité de ce système se fait à travers le contrôle permanent de la demande ainsi que du stock tampon entre les étapes de la production. Cela permet de répondre aux besoins le plus rapidement et efficacement possible. Ceci équivaut à un stock nécessaire en bord de ligne considérablement moins élevé.

Ce système peut être adapté à tous types d'entreprise, tant que le processus de production est effectué en plusieurs étapes et convient particulièrement à des entreprises soumises à des pics de production.

Inventory Based System :

Ce modèle a aussi été créé uniquement en théorie par Takahashi (2003). Il se rapproche fortement du système précédent à la différence que c'est le nombre de signaux dans une unité de production qui sera adapté (augmenté ou diminué) en fonction de la détection de fluctuations instables de la demande. Il peut également s'adapter à tous les types d'entreprises de production. L'augmentation de signaux va permettre une plus grande flexibilité dans le système et va mener à une réduction des stocks en bord de ligne nécessaires car la fréquence de récupération des composants sera adaptée en fonction des besoins réels. Le nombre de signaux maximal n'est pas défini, le système risque alors de former un nombre important de signaux si la demande est très forte, sans prendre en compte la capacité de l'usine et ses stocks disponibles.

Reconfigurable Kanban System :

Ce système a été développé par Mohanty et al. (2003). Sa traduction est : « Système Kanban reconfigurable », ce qui met en avant le côté dynamique du Kanban et des possibilités d'évolution du nombre de signaux en fonction de la demande.

Comme les cas précédents, ce système est uniquement issu de la recherche scientifique et n'a pas été testé réellement en entreprise.

Ce Kanban a pour objectif d'être plus réactif avec des coûts de stockage plus faibles. La différence principale de ce Kanban avec le système d'origine est sa capacité à être

reconfigurable en termes de nombre de Kanbans (signaux). Les auteurs présentent le Reconfigurable Kanban System comme un modèle de simulation se concentrant sur le contrôle d'un nombre de signaux additionnels. Ces points de contrôle vérifient la différence entre la demande et le niveau de production du produit correspondant, afin de pouvoir ajuster à la source les besoins réels de l'entreprise.

Cela signifie que le nombre de Kanbans additionnels sont prédéfinis et ne peuvent pas dépasser un certain nombre en dessous ou au-dessous d'une limite, à la différence du « Inventory Based System » vu précédemment. Cette limite va rendre le système moins flexible mais plus stable. La reconfiguration de cette quantité de signaux rend ce modèle cohérent en rapport à une demande instable ainsi qu'un besoin de réduction du niveau de stock moyen.

Bar-Coding Kanban

Cette solution a été développée par Landry et al. (1997) et Chaussé et al (2000) dans deux articles qui proposent une vision différente du Kanban. Nous pouvons traduire ce nom par « Kanban avec code-barre » Ce modèle a été développé dans un cas réel car les articles le relatant sont des case-study effectués dans une entreprise Québécoise.

Les auteurs partent du principe qu'il existe énormément de formes différentes de Kanban créé par les entreprises pour remplacer la carte, par exemple « le Kanban verbal, des containers, des balles de golf, des carrés, des kanbans électroniques automatiques, etc. » Chaussé et Landry proposent quant à eux un remaniement de la forme du Kanban, ce qu'ils appellent « l'Anatomie du Kanban » et se reconcentrent donc sur la carte en elle-même et non pas sur le système en soi. En utilisant le code-barres et en redéfinissant le contenu et le design de la carte, ils assurent une amélioration de la précision de l'achat de matières première mais surtout une amélioration de la justesse des stocks. Cela permet donc de réduire les stocks de sécurité car ceux-ci seront au plus juste.

C'est donc avec des outils lean tel que la technique du Poka-Yoke qui, selon Moshe M. Barash (1990) signifie « Eviter des erreurs

d'inadvertance ». Il explique dans son article que cet outil est « un simple rappel à la personne d'utiliser son cerveau pour éviter les erreurs ».

L'autre élément est le code-barres qui permet de scanner les informations importantes et de les enregistrer directement dans le système d'information de l'entreprise afin d'éviter les erreurs mais aussi de rendre l'opération plus rapide et efficace pour les employés. De nos jours nous pouvons imaginer remplacer le code-barres par un QR-code qui permet de stocker beaucoup plus de données dans l'ERP de l'entreprise.

Ainsi, tous ces éléments vont permettre de réduire les stocks en bord de ligne car ils participent à un meilleur déroulement du système en place.

Virtual Kanban System (VKS)

Cette adaptation a été introduite par Takeda et al. (2000) dans un article portant sur des techniques d'amélioration de la productivité sans augmentation des stocks centraux et intermédiaires. Sa traduction française est « Système Kanban virtuel », il a été uniquement testé sous forme de modélisation, nous ne parlerons donc pas de cas pratique pour ce modèle. D'autre part, il est particulièrement applicable pour les entreprises de production discontinue, ayant de faibles lots et des produits « personnalisables » (c'est-à-dire un mix important de composants et donc une nécessité de flexibilité importante). Il convient également aux entreprises soumises à de l'instabilité dans la demande et ayant des flux de production complexes.

Ce système est formé d'un kanban de production et de distribution, il est à noter qu'il n'existe pas de carte en tant que telle : ce modèle a été créé pour une utilisation par le biais de l'outil informatique uniquement. Il fonctionne de la manière suivante :

- Le Kanban porte des d'informations telles que le numéro de lot, le type et le numéro du processus et la date de livraison prévue ;
- Pour chaque étape du processus, il y a une file d'attente pour le Kanban de

production et une autre pour le Kanban de distribution ;

- Quand une machine effectue diverses étapes en fonction du type de processus, il y a des files individuelles pour chaque étape et chaque flux entre les processus ;
- Le Kanban de production va exister tant que la machine produit le lot. De la même manière, le Kanban de distribution sera éliminé une fois que la machine a terminé le lot ;
- La machine choisira de produire en priorité les kanbans portant la date de livraison la plus proche ;

L'une des caractéristiques notables de ce modèle est le non transfert de signaux en amont du système en cas de problème sur la machine ou de manque de matière première par exemple. De cette manière, les postes de travail en amont savent qu'un problème a été rencontré en aval. Pour cette méthode, les auteurs se sont basés sur le travail de Lozinski et Glassey (1988) concernant les postes goulots. La performance de système a été testé par des simulation décrites dans l'article, qui montre une baisse du niveau de stock intermédiaire. Cependant, cette méthode implique que l'usine sache modifier rapidement le niveau de stocks en fonction des besoins, sans erreur car le risque de rupture est intensifié. Cette adaptation nécessite également un système informatique complexe et entretenu pour fonctionner.

2.2.3. Solutions hybrides

Nous allons voir ici des solutions hybrides à notre problématique, qui seront donc un mélange entre les flux tirés et poussés. De nombreux articles relatent de cette stratégie de production qui est de mixer ces deux systèmes (push : pousser ; pull : tirer).

Nous allons décrire de quelle manière ces systèmes sont mis en place et utilisés afin de mettre en avant leur capacité à réduire les stocks en bord de ligne. En effet, nous pourrions penser que le système de flux poussé va avoir une propension à l'augmentation des stocks et non le contraire, ce n'est pas le cas et nous allons montrer dans

quelle mesure ces deux systèmes peuvent coexister.

Selon Puchkova et al. (2016), « les entreprises pensent souvent qu'elles doivent choisir entre employer une stratégie en flux poussés ou le re-complètement en flux tirés ». Cependant, dans son article, Ghrayeb (2009) a comparé les systèmes 100% tirés ou poussés avec les systèmes hybrides : ce sont eux qui ont eu les meilleures performances dans la plupart des cas. Il est donc pertinent dans le cadre de ce mémoire de s'intéresser à un mix entre le Kanban et les flux poussés.

Hybrid Push/Pull

Le modèle appelé Hybrid push/pull, développé par Hodgson et Wang (1991 a, b) est un modèle théorique basé sur l'intégration des modèles « push » et « pull » dans une même stratégie de production. Le principe a l'avantage d'être simple (voir la figure 3) : les premières étapes de la production se font en flux poussés : il y a donc un contrôle possible sur nombre de composants à approvisionner et il est ainsi possible de stocker en fonction de ce qui a été décidé. Cela va engendrer une réduction des stocks en bord de ligne. Les autres étapes de la production se font en flux tirés. Autrement dit, au lieu d'une demande uniquement tirée par le client, l'entreprise a une possibilité de lisser et de gérer au mieux la répartition car c'est elle qui va faire l'intermédiaire.

Cette adaptation correspond aux entreprises de production discontinue soumises à une demande relativement instable, elle permet également un meilleur taux de service car le stock est mieux maîtrisé, les ruptures de stocks sont donc plus rares. Malheureusement, l'accès à l'article en question était limité à quelques pages et les informations étaient difficiles à trouver au sujet de ce système, c'est pourquoi nous ne verrons pas ici les détails du fonctionnement de cette adaptation.

Modified MRP/Kanban system

Ce modèle, développé par Ding et Yuen (1991) est une simulation théorique d'un mix entre la méthode MRP et le Kanban. Le MRP, selon le dictionnaire de l'APICS, est « un

groupement de techniques qui utilise les données de la nomenclature, des stocks, et le plan directeur de production pour calculer les besoins en composants. Le MRP effectue des recommandations pour lancer des ordres de re-complètement pour les composants ».

Nous allons voir dans cette section, comment les auteurs allient cet outil avec le Kanban et pourquoi ce système est profitable pour l'entreprise. Comme le met en avant l'article « le juste à temps (en relation avec l'outil de gestion en Kanban) et le MRP sont généralement vues comme deux systèmes mutuellement exclusifs ». En réalité, ces systèmes peuvent coexister.

L'exemple utilisé par l'article est une entreprise qui commande des composants d'outre-mer peut avoir un meilleur contrôle sur des pièces si elle commande en « taille de lot » les futurs besoins de ces pièces. Il a été relaté plusieurs fois dans des études (par exemple Karmarkar (1986)) que le MRP et le Kanban sont complémentaires dans leurs forces et faiblesses, une intégration des deux systèmes pourrait donc bien les renforcer tous les deux. D'après Ding et Yuen (1991), l'une des faiblesses du MRP est qu'il résulte généralement à des stocks d'en-cours excessifs, ce qui est le contraire pour le système Kanban. Cependant, le Kanban a été calculé pour satisfaire un certain niveau de demande et éprouve des difficultés lorsque celle-ci fluctue. Pour résumer, le système se déroule en deux temps : tout d'abord les matières sont approvisionnées à l'aide du MRP puis les flux sont tendus avec le système Kanban. Afin d'anticiper les flux grâce au MRP puis les accélérer grâce au juste à temps.

Ce système fonctionne de la manière suivante :

- Une « pièce MRP » : va être produite seulement si l'ordre est lancé d'un système MRP. Une « pièce Kanban » sera uniquement produite si un ordre de production en Kanban a été lancé.
- Comme les pièces Kanban ne sont pas relancées dans la production avant que les pièces ne soient retirées du stock, l'accumulation de la demande détermine en général les lancements d'ordre.

- Dans le « modified MRP/Kanban system », un ordre de pièce Kanban sera entré dans le fichier MRP une fois que la quantité de besoins bruts a atteint le point de re-complètement.
- Cela est justifié car une fois que le contenant a été vidé, la production pour le re-remplir est déclenchée.
- Après cela, un reçu de l'ordre est ensuite projeté au travers d'un délais de lead time et le stock est mis à jour en fonction de ce qui a été effectué.
- Comme la production d'une pièce Kanban est déclenchée uniquement par un Kanban dans l'atelier, le MRP modifié reflète le statut d'ordre d'une pièce Kanban et n'affecte donc pas la production réelle de la pièce Kanban.
- Le lancement d'ordre dans la méthode du MRP modifié reflète les pièces tirées dans un système Kanban en accordance avec les besoins bruts, c'est pourquoi le MRP devrait refléter la demande réelle de près.

La simulation de cette solution a démontré une efficacité particulière dans la réduction du niveau de stocks, car les pics de production sont lissés et les stocks sont par conséquent mieux maîtrisés. De plus, le stock de sécurité peut être revu à la baisse. L'article de cette méthode met en avant que la coexistence de ces deux systèmes va permettre une complémentarité et non une compétition entre eux.

Pour conclure ce chapitre, après avoir décrit la méthode et le matériel utilisés pour ces solutions, nous avons vu les différents paramètres et critères sur lesquels les systèmes ont été sélectionnés pour répondre au mieux à la problématique. Cela nous a permis ensuite d'exposer les différentes solutions et leur impact sur le gain de place du stock en Kanban dans l'atelier.

CHAPITRE 3 : EVALUATION DES SOLUTIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES

Cette partie a plusieurs objectifs : d'une part elle forme un bilan des deux premières parties

(problématique et solution) en proposant une étude des solutions en rapport avec les problèmes. C'est un lien entre l'entreprise et la bibliographie qui permet d'analyser les différents éléments importants. Dans ce cadre, des réponses seront apportées à plusieurs questions. D'autre part, cette partie apporte une prise de hauteur sur le sujet grâce à une section sur les limites et les perspectives du mémoire.

3.1. Les problèmes de l'entreprise sont-ils cités dans la littérature scientifique ?

Pour rappel, les problèmes de l'entreprise Hager sont le manque de place pour l'installation d'une nouvelle ligne de production ainsi qu'un maintien du taux de service au maximum.

Nous pouvons assumer que les problèmes de l'entreprise sont pour la plupart cités dans la littérature scientifique car ce sont des problèmes « classiques » d'industries en mutation. De nombreux articles relatent des manques fréquents associés au système Kanban d'origine ainsi que ses faiblesses. Les articles scientifiques montrent que de nombreuses recherches de solutions pour un système alliant les qualités du Kanban d'origine avec les avantages d'autres systèmes ont été effectuées.

Cependant, lors de la recherche bibliographique, il a été question la plupart du temps de réduction des stocks dans sa globalité, plutôt que de gain de place en supprimant des stocks. Les détails du problème d'entreprise n'ont donc pas réellement été cités dans la bibliographie : pourquoi ?

Nous pouvons penser que la réduction des stocks, dans les articles bibliographiques, a pour but dans la plupart des cas de réduire le capital immobilisé qu'ils représentent. En effet, les stocks sont en réalité de l'argent auquel les entreprises n'ont pas d'accès direct. C'est une problématique beaucoup plus développée dans la bibliographie car elle implique une meilleure rentabilité de l'entreprise. Cependant, les raisons liées au besoin de réduire les stocks n'ont finalement pas tant

d'importance puisque la conséquence est la même : un gain de place et d'argent.

Un autre aspect que nous pouvons citer ici concerne le manque d'informations au sujet des problématiques de place dans les entreprises. Celles-ci sont souvent résolues par un agrandissement des locaux (entrepôts, ateliers, ...) car cela signifie généralement un accroissement de l'entreprise. Cela justifierait le fait qu'on ne retrouve que très peu de cas de réduction des stocks dans un objectif de gain de place.

3.2. Les problèmes cités dans la littérature scientifique sont-ils cités dans l'entreprise ?

A l'inverse de la partie précédente, de nombreux problèmes vus dans les articles scientifiques existent dans l'entreprise Hager. En effet, les industries évoluant dans le contexte actuel font généralement face à des problèmes communs. Nous parlons ici des entreprises de production discontinues et produisant sur stock ou à la commande.

Par exemple, nous avons pu voir dans les articles des problèmes de coûts de stockage (comme vu dans la question précédente) mais aussi et surtout de demande instable qui fluctue beaucoup. C'est le cas également chez Hager qui, comme nous l'avons vu précédemment, a une production de plus en plus irrégulière à cause de l'évolution de son Business model.

Autre cas de figure de problème souvent cité dans la littérature scientifique qui est également une problématique chez Hager est le nombre important de références différentes à gérer. C'est le cas dans l'usine 2 du site d'Obernai de Hager qui propose beaucoup de versions différentes d'interrupteurs différentiels ce qui implique un mix important de composants. C'est une difficulté car l'entreprise doit proposer toutes les références de pièces en bord de ligne car le besoin peut être présent à tout moment. Ce point est étroitement lié au précédent car c'est en estimant au mieux la demande que l'on peut aussi connaître les références de composants

à approvisionner pour gagner de la place en bordure d'atelier.

Pour résumer, la bibliographie évoque la plupart du temps des situations complexes et où la nécessité d'être flexible, réactif et dynamique est importante. Aussi, de grandes distances entre les postes de travail, des flux de matériels complexes, un grand nombre de fournisseurs différents etc... Ces situations sont similaires aux problèmes cités dans l'entreprise.

3.3. Les solutions présentées dans la bibliographie sont-elles applicables dans l'entreprise ?

Afin de mieux comprendre les tenants et les aboutissants des différentes solutions vues dans le chapitre précédent, le tableau suivant (figure 3) synthétise plusieurs éléments importants :

- Solution : chaque solution développée dans le chapitre 2
- Avantages : les avantages qu'ont les solutions proposées, en rapport avec le Kanban actuel chez Hager
- Inconvénients : les faiblesses des adaptations solutions en comparaison au système de Hager
- Adaptation chez Hager : applicabilité des systèmes au cas Hager

Nous allons commencer par passer en revue les différents avantages et inconvénients que nous pouvons trouver dans ce tableau. Ceux-ci ont été cités en fonction de l'environnement et la problématique vus dans le premier chapitre de ce mémoire. Ils correspondent donc à ce qui importe à l'entreprise Hager.

Les différents avantages sont : 1. Réactivité du système qui signifie que le système sera plus réactif que le Kanban actuel chez Hager, qui est fort important pour la réduction des stocks comme vu dans le chapitre précédent. 2. Réduction des stocks en bord de ligne, qui est donc l'objectif recherché de ce mémoire. 3. Flexibilité du système, autrement dit, le système pourra être adapté en fonction de l'évolution de la demande. 4. Stabilité du système : le système ne va pas créer de fluctuations ingérables pour les

approvisionnement en amont. Cela est particulièrement intéressant car l'un des objectifs est de garder le taux de service au maximum. 5. Simplification du système : le système sera simplifié par rapport à celui en place actuellement.

Les inconvénients sont : 1. Augmentation de la complexité signifie que le système sera plus complexe à gérer que le système précédent. Ceci peut être tant au niveau des ressources humaines que des moyens techniques (flux d'informations, flux physiques, configuration de l'ERP etc...). Ceci peut également être global et concerner le système entier : flux, règles, gestion des stocks, ERP... Auront un accroissement de leur complexité. 2. Instabilité importante, ce système risque de créer de fortes instabilités et fluctuations dans les flux

physiques et risque de créer de ruptures de stocks et/ou des relations difficiles avec les fournisseurs et les clients. 3. Moins de réactivité en amont, ce qui correspond à l'approvisionnement des composants dans les magasins centraux. Si la réactivité de cet approvisionnement est moindre, l'entreprise s'expose à des risques de ruptures de stocks dans l'atelier.

Pour chaque système, l'entreprise devra adapter son fonctionnement actuel. Les solutions sont donc plus ou moins compatibles avec l'usine 2 de Hager. Nous pouvons voir qu'il est souvent nécessaire pour l'entreprise d'avoir un progiciel maîtrisé à 100%, où les informations sont absolument fiables. En effet, pour les Kanbans qui se basent uniquement sur les données de l'ERP, il ne doit pas y avoir

Fig. 3

Tableau récapitulatif des solutions en rapport avec la problématique d'entreprise

Solution	Avantages	Inconvénients	Adaptation dans l'entreprise
a. Decentralized reactive Kanban	<ul style="list-style-type: none"> - Réactivité - Réduction des stocks 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation complexité (système global) 	<ul style="list-style-type: none"> - Moyen de contrôle des stocks permanent (ERP) - Revue du nombre de signaux/cartes
b. Inventory based system	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction des stocks - Flexibilité du système 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation complexité (système informatique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Justesse des stocks obligatoire - Revue du nombre de signaux
c. Reconfigurable Kanban system	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction des stocks - Meilleure stabilité du système 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation complexité (système informatique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Justesse des stocks obligatoire - Revue du nombre de signaux
e. Bar-coding Kanban	<ul style="list-style-type: none"> - Simplification du système - Réactivité 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'inconvénients 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place simple - Utilisation du Kanban en lien avec l'ERP - Revue de la carte kanban
f. Virtual Kanban System	<ul style="list-style-type: none"> - Efficacité et réactivité du système - Flexibilité - Réduction des stocks 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la complexité (système informatique) - Instabilité importante 	<ul style="list-style-type: none"> - ERP de l'entreprise doit être paramétré correctement - Justesse de stocks obligatoire - Justesse des données de prévision
g. Hybrid/push/pull	<ul style="list-style-type: none"> - Réactivité (anticipation de la demande) 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation complexité (systèmes informatique et global) 	<ul style="list-style-type: none"> - Meilleure organisation de la supply Chain - Paramétrage du système Kanban
h. Modified MRP/Kanban system	<ul style="list-style-type: none"> - Flux plus justes, moins de stock - Réactivité flux en aval 	<ul style="list-style-type: none"> - Moins de réactivité en amont 	<ul style="list-style-type: none"> - Organisation cohérente en amont de la Supply Chain - Justesses des données de base

d'erreur car elle sera difficilement détectable et l'impact sera direct. En raisonnant en court terme, la fiabilité des stocks de l'usine 2 de Hager n'est pas encore suffisante pour un fonctionnement en Kanban complexe et 100% informatique. Cependant, l'entreprise se dirige vers une automatisation de ses processus logistiques (usine 4.0) et va adapter le fonctionnement des approvisionnements en fonction de ces objectifs.

Un autre élément est la revue du nombre de signaux et de la manière dont seront gérés ces signaux. Ceci est envisageable au court et moyen terme car le système actuel offre une certaine flexibilité dans la modification des cartes et de leur nombre.

Aussi, quelques systèmes demandent à l'entreprise d'améliorer la communication des besoins, ainsi que les prévisions de ventes au sein de la Supply Chain. En effet, pour des systèmes hybrides, les prévisions sont d'autant plus importantes car elles définiront le calcul des composants disponibles dans les stocks centraux. Si les prévisions de ventes ou la communication entre les services de la Supply Chain ne sont pas suffisamment bons, le risque de rupture de stock est accru et le taux de service sera impacté.

Mettre en place un nouveau système Kanban dans une entreprise n'est pas simple. Comme nous avons pu le voir dans ce récapitulatif, il nécessite généralement de modifier complètement les flux (amonts et aval), les systèmes informatiques et la méthode de gestion des stocks.

Il est également important de noter que ce changement d'outil de gestion de l'approvisionnement demande une modification profonde de la manière de procéder des humains de l'usine, qui devront s'adapter à de nouveaux flux et règles, car ce sont eux qui feront vivre l'outil. C'est un changement d'habitudes des personnes et il est impossible de changer de système sans préparation (technique et psychologique) en amont.

3.4. Les problèmes de l'entreprise ont-ils été solutionnés par des solutions non citées dans la littérature scientifique ?

Pour cette question, il est impossible de complètement s'assurer que la littérature scientifique ne propose pas les solutions utilisées par l'entreprise. En effet, la recherche de solutions a été imparfaite car une sélection a dû être faite et l'accès à tous les articles sur le sujet était impossible. D'autre part, nous pouvons penser que chaque entreprise est un cas précis différent et il n'existe pas (ou peu) de solutions clé en main. Ceci mènerait à dire que l'entreprise doit savoir s'approprier les solutions de la littérature scientifique et ainsi créer sa propre solutions en fonction de ses besoins réels.

Nous pouvons mettre en avant la mise sous contrainte des services production et logistique. En effet, dans notre cas, la nécessité de gain de place à cause de l'arrivée d'une nouvelle ligne de production a créé une dynamique dans l'usine. Des solutions au cas par cas ont pu être trouvées plus rapidement.

En revanche, l'entreprise n'a pas encore trouvé de solution unique à ce problème en dehors des améliorations que peuvent offrir une vision Lean, c'est-à-dire une réduction des stocks puis la résolution des divers problèmes qui en découlent.

3.5. Limites et les Perspectives du mémoire

3.5.1. Limites

Dans cette partie, nous allons passer en revue des limites à ce mémoire. Cela permettra de former une analyse complète sur le cas de l'entreprise Hager et des diverses solutions proposées.

La première limite à ce mémoire est le fait que les solutions de la bibliographie n'ont rarement voire jamais été testées en réalité. Cela signifie qu'il n'y a eu aucun développement « pratique » de la solution. Il est vrai que les systèmes théoriques peuvent être intéressants de par leur apport de nouveautés au monde de l'industrie.

Cependant, pouvons-nous considérer ces solutions pour une entreprise sans s'assurer que les résultats théoriques correspondent à ceux en réalité ? D'après le dictionnaire philosophique d'Auroux et Weil (1990), une théorie est « un ensemble de thèses, sur un sujet donné, organisées de façon plus ou moins systématique ». Quant à elle, la pratique est « l'exercice d'une activité appliquée à la réalité ». On en déduit ici que la théorie est par définition déconnectée de la réalité. Une solution de ce type peut donc avoir des limites qu'une modélisation théorique et des algorithmes ne peuvent détecter. Ceci est donc un élément à prendre en compte comme étant un point faible de la réflexion apportée par ce mémoire.

La prochaine limite est l'une des conséquences du point précédent. Lors de la lecture des articles scientifiques, aucun ne mentionne l'aspect humain de la mise en place des systèmes Kanbans. En général, les articles se concentraient sur des questions techniques et mathématiques et mettaient de côté les utilisateurs. Ceci risque de causer un manque de prise en compte des besoins des humains, et donc des dysfonctionnements plus ou moins importants dans le système. En effet, l'humain va par nature adhérer ou non au système et peut ne pas respecter les règles. Aussi, partir du principe que les personnes vont s'adapter à toutes les règles est surréaliste car leur complexité peut les empêcher de les respecter.

Les solutions développées dans la littérature scientifique omettent bien souvent un point qui semble clé dans une entreprise moderne : la complexité du système d'information ou plus précisément de l'ERP. En effet, les solutions partent du principe que le système informatique fonctionnera parfaitement et qu'il n'y aura aucune difficulté sur ce point-là. Il arrive même que les articles ne mentionnent pas ce point et voient l'ERP comme une boîte noire supposée fonctionner sans problème. Cependant, en réalité c'est bien souvent le contraire qui se produit, l'ERP peut devenir la source de dysfonctionnements pour le système Kanban si celui-ci n'est pas bien paramétré, maintenu, renseigné, etc... Il faut également prendre en compte le coût en

temps et en argent que représente le développement de nouvelles fonctions sur l'ERP actuel.

Enfin, le dernier point concerne la complexité des solutions proposées. Lorsqu'une solution en Kanban demande des connaissances poussées dans le domaine de la logistique, celle-ci peut ne pas avoir d'intérêt dans le cadre de l'entreprise Hager. Il est important pour les utilisateurs qui sont des opérateurs ou des magasiniers de disposer de règles simples et d'étapes rapides car la polyvalence est de mise et la formation de nouvelles personnes doit pouvoir se faire rapidement. Il faudrait que l'entreprise soit capable de gérer un système complexe à l'aide d'une interface simple pour mettre en place une telle solution. Aussi, les articles en eux même étaient souvent formés d'algorithmes complexes et il n'était pas facile de simplifier ces éléments pour ce mémoire. De même que les schémas explicatifs étaient rares alors qu'ils auraient pu apporter une aide pour une meilleure compréhension du système proposé.

3.5.2. Perspectives

Cette partie a pour but de prendre de la hauteur sur les problèmes de l'entreprise en regard de son système de gestion des approvisionnements. Ceci sera fait en évoquant les diverses perspectives d'évolution pour le futur de l'entreprise au sujet du système d'approvisionnement des composants en bord de ligne. Les problèmes cités dans le chapitre 1 ne sont pas forcément reliés à 100% au système Kanban de l'entreprise, d'autres éléments ont leur impact tel que l'ordonnancement de la production, les stocks « pirates », le non-respect des règles/standards en place etc...

Nous allons développer ici 3 pistes principales qui peuvent former des perspectives d'évolution pour l'entreprise Hager.

La première est la prise de recul pour se pencher sur le sujet de la gestion de la production. L'un des piliers du TPS (Toyota Production System) est le Heijunka. Ce mot japonais signifie en français « Séquençage de la production ». Et propose donc une vision en amont pour réduire les stocks en bord de ligne,

plutôt de se concentrer sur le système d'approvisionnement direct.

D'après R. Sundar et al. (2014), « Le concept d'Heijunka est de contrôler la variabilité des séquences de production en amont afin de permettre une meilleure capacité d'utilisation. Il va aussi permettre d'éviter les pics et les "vallées" dans le planning de production. ». Ce que nous recherchons ici est de gagner de la place utilisée par le stock en bord de ligne, du coup si les pics de production sont plus faibles (ou si la production est entièrement lissée), le calcul des besoins en stocks en bord de ligne sera différent. En conclusion, les stocks seront réduits du fait du lissage de la production et non par le biais du système Kanban. Le Heijunka est primordiale pour une entreprise comme Hager qui a décidé de s'orienter vers une production en juste à temps.

La deuxième piste intéressante à évoquer est celle de la vision du Kanban non plus comme un simple outil de gestion mais également comme un outil d'amélioration continue. Selon G. Beauvallet (2006), dans un édito sur le site du Lean Enterprise Institute « Le kanban, dans le TPS, est explicitement un outil de kaizen. On utilise les kanbans pour permettre le kaizen, pas le contraire. En effet, le kanban sert à visualiser les problèmes de livraison spécifiques dans les supermarchés ». L'idée ici est de remettre en question tout ce qui se situe autour du Kanban et d'utiliser cet outil pour enlever des stocks dans le but de détecter les problèmes. De surcroît, en les résolvants, les stocks vont pouvoir être réduits. Toujours selon G. Beauvallet, les étapes pour un Kanban outil d'amélioration sont les suivantes :

1. Effectuer une revue mensuelle du nombre de cartes ;
2. Chercher à minimiser la marge de sécurité, par le Kaizen (amélioration continue) ;
3. Ramasser les cartes kanban au moins une fois par heure ;
4. Lisser le ramassage des pièces ;
5. Définir des cartes spéciales pour les heures de travail exceptionnelles

Cet élément peut donc être une perspective intéressante et une vision différente de l'intérêt

du Kanban. Elle peut être utilisée en combinaison à une des solutions évoquées dans ce mémoire.

Enfin, la dernière perspective que nous citerons dans ce mémoire est la possibilité d'intégrer un système RFID sur des contenants faisant office de kanban par exemple. Cela permettrait de faire fonctionner les différentes solutions vues dans le chapitre 2 avec un meilleur suivi des stocks et de l'état du système. Celui-ci pourrait être analysé plus facilement et simplement. En revanche cela demande, comme vu précédemment dans ce chapitre, un système informatique fiable et efficace.

Pour conclure ce chapitre, nous pouvons dire que malgré des différences entre la théorie et la réalité, de nombreux aspects des solutions proposées dans le chapitre 2 peuvent être adaptés dans l'entreprise Hager. Cependant, la mise en place d'un nouveau système Kanban demande du temps et des investissements humains et financiers. D'autre part, le mémoire comporte des limites à prendre en compte mais nous pouvons également voir plusieurs perspectives intéressantes à ce sujet.

CONCLUSION :

La Supply Chain, de par la variété de ses fonctions et de ses processus, permet des possibilités infinies de solutions, que chaque entreprise doit savoir s'approprier afin de prospérer et de proposer un service au client toujours meilleur.

Dans le chapitre 1, nous avons pu voir que l'entreprise Hager faisant face à une mutation dans son business model et doit s'adapter à de nouveaux challenges. En effet, la place dans l'atelier manque et l'usine a pour projet l'accueil d'une nouvelle ligne de production. De plus, les pics de commande sont de plus en plus importants et peu prévisibles à court terme. La question qui est ressortit était donc : comment l'entreprise peut-elle économiser au mieux la place en bord de ligne utilisée par des stocks en Kanban, tout en gardant un bon taux de service ?

Des solutions ont été développées à l'aide d'articles scientifiques issus de diverses bases de données universitaires, afin d'apporter des perspectives nouvelles tout en apportant une réponse à la problématique. Chaque solution ayant ses particularités et plusieurs aspects différents, va apporter de nombreux avantages afin de répondre à la problématique. Nous avons pu voir que le Kanban est un système flexible et ouvert, et qu'il en existe sous de nombreuses formes différentes. Les possibilités sont sans aucun doute infinies et c'est ce qui fait la force de cet outil. Chaque solution permet par différents biais de répondre aux problèmes de l'entreprise Hager.

Le chapitre 3 a permis de mettre en avant que chaque entreprise étant unique, aucune solution prête à l'emploi ne peut exister. En effet, l'entreprise Hager peut s'inspirer d'un système Kanban issu de la bibliographie mais elle devra l'adapter à ses besoins, à ses particularités. Nous avons vu que la théorie ne représente pas forcément la réalité et c'est souvent la manière dont le système est mis en place qui va lui apporter sa valeur.

Dans ce dernier chapitre nous avons également pu voir que l'aspect humain est important dans un changement de système Kanban et doit être pris en compte dans ce choix. D'autre part, l'aspect technique a aussi son importance : si l'entreprise n'est pas techniquement prête à assumer un système informatique complexe, il vaut mieux rester dans la simplicité au lieu de risquer de construire une usine à gaz. Chaque entreprise devrait donc se poser plusieurs questions avant d'entamer un changement fondamental dans son outil de gestion des approvisionnements qu'est le Kanban. Cela vaut-t-il le coup de changer un système qui fonctionne ? Qu'est-ce que l'entreprise a à y gagner ? Est-ce satisfaisant ? Quelles sont les étapes à suivre pour effectuer ce changement ? Une fois ces questions traitées, on peut assumer que l'usine est prête à modifier son système Kanban de manière maîtrisée.

BIBLIOGRAPHIE :

Aggarwal, S.C., 1985. MRP, JIT, OPT, FMS Harvard Business Review 63 (5), 8–16.

APICS Operations Management Body of Knowledge Framework, Third Edition : <http://www.apics.org/>

Sylvain Auroux et Yvonne Weil, Nouveau vocabulaire des études philosophiques. Hachette 1990

Godefroy Beauvallet 2006. Editorial : Le Kanban, outil de Kaizen. Site web : <http://www.lean.enst.fr/wiki/bin/view/Lean/LeKanbanOutilDeKaizen>

Chaussé, S., Landry, S., Pasin, F., Fortier, S., 2000. Anatomy of a kanban: a case study. Production and Inventory Management Journal 41(4), 11–16.

Ding, F. Y., & 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.

Framinan, J. M., González, P. L., & Ruiz-Usano, R. (2003). The CONWIP production control system: review and research issues. Production Planning & Control, 14(3), 255-265.

Geraghty, J., & Heavey, C. (2005). A review and comparison of hybrid and pull-type production control strategies. OR Spectrum, 27(2-3), 435-457.

Ghrayeb, O., Phojanamongkolkij, N., and Tan, B. A. (2009). A hybrid push/pull system in assemble-to-order manufacturing environment. Journal of Intelligent Manufacturing, 20 (4), 379-387.

Gstettner, S., Kuhn, H., 1996. Analysis of production control systems kanban and CONWIP. International Journal of Production Research 34 (11), 3253–3273.

Hodgson, T.J., Wang, D., 1991a. Optimal hybrid push/pull control strategies for a parallel multi-stage system: part I. International Journal of Production Research 29 (6), 1279–1287.

Hodgson, T.J., Wang, D., 1991b. Optimal hybrid push/pull control strategies for a parallel multi-stage system: Part II. *International Journal of Production Research* 29 (7), 1453–1460.

Karmarkar, U.S. "Integrating MRP with Kanban Pull Systems." Working Paper no. QM8615, University of Rochester. Rochester, NY, 1986.

Landry, S., Duguay, C.R., Chaussé, S., Themens, J., 1997. Integrating MRP, kanban, and bar-coding systems to achieve JIT procurement. *Production and Inventory Management Journal* 38(1), 8–12

Mohanty, R.P., Kumar, S., Tiwari, M.K., 2003. Expert enhanced coloured fuzzy petri net models of traditional flexible and reconfigurable kanban systems. *Production Planning and Control* 14(5), 459–477.

Yasuhiro Monden, 1993, *Toyota Production System: an integrated approach to Just-In Time*. Second edition, Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers, Norcross, Georgia.

Lozinski, C., & Glassey, C. R. (1988). Bottleneck starvation indicators for shop floor control. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 1, 147- 153.

Moshe M. Barash 1990. Poka-yoke: Improving product quality by preventing defects: N.K. Shimbun, Editor Productivity Press *Journal of Manufacturing Systems*, Volume 9, Issue 2, 1990, Pages 178-179

Muris Lage Junior, Moacir Godinho Filho, 2010. Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics* 125 (2010) 13–21

Ahmad Naufal, Ahmed Jaffar, Noriah Yusoff, Nurul Hayati, 2012. Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia - Case Study. *Procedia Engineering* 41 (1721-1726)

Puchkova, A., Le Romancer, J., & McFarlane, D. (2016). Balancing Push and Pull Strategies within the Production System. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 66-71.

Rees, L. P., Philipoom, P. R., Taylor III, B. W., & Huang, P. Y. (1987). Dynamically adjusting

the number of kanbans in a just-in-time production system using estimated values of leadtime. *IIE transactions*, 19(2), 199-207.

Sipper, D., Bulfin Jr., R.L., 1997. *Production: Planning, Control, and Integration*. McGraw-Hill, New York.

Sohal, A.S., Keller, A.Z., Fouad, R.H., 1988. A review of literature relating to JIT. *International Journal of Operations and Production Management* 9 (3), 15–25.

Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. S. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885.

Ohno, Taiichii, 1982. The origin of Toyota production system and kanban system. In: *Proceedings of the International Conference on Productivity and Quality Improvement*, Tokyo.

Takahashi, K., & Nakamura, N. (2002). Decentralized reactive Kanban system. *European Journal of Operational Research*, 139(2), 262-276.

Takahashi, K., Nakamura, N., 1999. Reacting JIT ordering systems to the unstable changes in demand. *International Journal of Production Research* 37 (10), 2293–2313

Takahashi, K., 2003. Comparing reactive kanban systems. *International Journal of Production Research* 41(18), 4317–4337.

Takeda, K., Tsuge, Y., & Matsuyama, H. (2000). Decentralized scheduling algorithm to improve the rate of production without increase of stocks of intermediates. *Computers & Chemical Engineering*, 24(2), 1619-1624.

Thürer, M., Stevenson M., Protzman CW. 2015. COBACABANA, (Control of Balance by Card Based Navigation) : An alternative to kanban in the pure flowshop? *International Journal of Production Economics* 166 (2015) 143–151

REMERCIEMENTS :

Je souhaite adresser mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je tiens à remercier mon tuteur universitaire et responsable du Master M2 Supply Chain Management, Mr Marc Barth. En tant que Directeur du mémoire, il m'a guidé et conseillé dans mon travail et m'a aidé à trouver des pistes pour avancer efficacement.

Je remercie aussi Mr Laurent Fétré, mon maître d'apprentissage et responsable Logistique Usines de l'entreprise Hager Electro SAS, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je voudrais également exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche. Enfin, je remercie ma famille qui m'a soutenue au quotidien durant la période de recherche et de rédaction de ce mémoire.