

GAGGENAU

Master 2 Supply Chain Management

Mémoire :

L'adaptation du Milk-run au secteur préfabrication de Gaggenau



Directeur Mémoire : Marc Barth

Année Universitaire : 2018-2019

Xavier Joannard

L'ADAPTATION DU MILK-RUN AU SECTEUR PREFABRICATION DE GAGGENAU

Xavier Joannard

Résumé

L'objectif de ce mémoire est de poser une problématique entreprise et de la résoudre grâce à des solutions trouvées dans la littérature scientifique. Nous nous intéressons ici au secteur préfabrication de l'usine Gaggenau Industrie située à Lipsheim. Ce secteur fabrique des produits semi-finis qui sont ensuite stockés puis utilisés sur les lignes de production. Dans le cadre d'une réorganisation du secteur visant à simplifier les flux, le besoin identifié par l'entreprise est de mettre en place un système de Milk-run pour assurer l'approvisionnement des pièces aux différentes machines de préfabrication. Les spécificités du secteur empêchent cependant la reproduction à l'identique du Milk-run utilisé pour approvisionner les lignes de production. Il s'agit donc de trouver dans la littérature scientifique des éléments permettant d'adapter le Milk-run à des contraintes particulières. Ensuite, il s'agira d'évaluer l'applicabilité des solutions proposées au cas concret de Gaggenau.

Mots clés: *Milk-run, in-house logistics, tow train, transportation, feeding parts*

CHAPITRE 1 :LA PROBLEMATIQUE

1.1. Introduction

Le premier chapitre a pour but de poser une problématique rencontrée dans l'usine Gaggenau Industrie de Lipsheim. Il s'agit d'abord de présenter les utilisateurs, soit les personnes impactées directement par la problématique, ainsi que l'environnement dans lequel ils se trouvent. Ensuite, nous détaillerons le besoin et les enjeux, puis les problèmes empêchant la réalisation du besoin en l'état actuel des choses. Une fois ce cadre placé, nous pourrions déduire une problématique à résoudre dans la suite du mémoire.

1.2. Utilisateurs et Environnement

1.2.1 Les utilisateurs : les opérateurs et logisticiens du secteur préfabrication

Gaggenau Industrie fait partie du groupe allemand Bosch und Siemens Hausgeräte. Le groupe est spécialisé dans la conception et la fabrication d'appareils électroménagers. Il est né en 1967 par l'association à parts égales de deux entreprises allemandes : Robert Bosch GmbH et Siemens AG. Le groupe, dont le siège est à Munich, n'a cessé de se développer et bénéficie d'une implantation industrielle et commerciale mondiale.

Au sein de ce groupe, Gaggenau est la marque représentante de l'aspect haut-de-gamme et luxueux. En effet, elle fait partie du pôle Cooking du groupe BSH et a pour vocation de fournir à des particuliers des équipements de cuisson de niveaux équivalents aux appareils professionnels. La performance ainsi que le design sont donc au centre des priorités.

Le site de Lipsheim développe et produit des appareils de cuisson (fours vapeur, plaques de cuisson gaz et électriques, des modules personnalisables appelés « varios de cuisson ») et des hottes. De nombreuses nouveautés techniques ont été développées depuis l'usine de Lipsheim : l'un des premiers fours encastrables à chaleur tournante, le puissant brûleur à gaz pour Wok, le four à porte miroitée et à porte galbée, le premier four vapeur sans pression encastrable et bien d'autres encore. Gaggenau Industrie est la seule usine en France du groupe B/S/H, et a, de plus, été reconnue comme centre de compétence « vapeur » (c'est la seule usine du groupe à développer et produire des fours vapeur) et centre de compétence « gaz ».

L'effectif actuel de l'usine de Lipsheim est d'environ 380 personnes. C'est la plus petite usine du groupe mais elle compte une importante variété de produits. On y produit plus de 450 variantes d'appareils regroupés dans une trentaine de familles de produits.

Aujourd'hui, le site possède dix lignes de montage. Sur ces chaînes, les marques standards du groupe sont produites telles que Bosch et Siemens mais on retrouve aussi les marques spécialisées comme Neff, Balay et Thermador. La marque Gaggenau, quant à elle, a ses lignes de montage bien distinctes, parmi les 10 citées précédemment où ne sont fabriqués que les produits de la marque Gaggenau.

La surface utile du site s'élève à 109 000m² dont 29000 m² sont couverts. Le site se divise en quatre grands pôles :

- La préfabrication : les presses, la soudure, le traitement de surface et le collage
- Les ateliers de production : fabriquant les fours, les tables de cuisson et les hottes
- Les entrepôts de stockage : un hall annexe de 800m² et un magasin de stockage de 6000m²
- Le bâtiment administratif : les services administratifs, le Markenzentrum et la cellule Recherche et Développement.

A cela s'ajoutent quelques locaux annexes comme la maintenance et l'outillage.

Le mémoire est tout particulièrement ciblé sur le premier secteur, la préfabrication. Nous nous intéresserons à l'activité des opérateurs de production dans ce secteur ainsi que celle du personnel logistique.

Les opérateurs du secteur préfabrication réalisent les produits semi-finis de l'usine qui seront ensuite utilisés sur les lignes de production. Cette partie de l'entreprise est un ensemble de postes et de machines qui vont transformer des matières premières, selon les étapes de fabrication de celles-ci. Les opérateurs manipulent des pièces telles que des tôles à des postes comme le pliage, l'ébavurage, le dégraissage ou le collage. Une fois les produits semi-finis fabriqués, ils sont stockés au magasin de stockage en attendant d'être utilisés sur ligne. Les lignes de montage sont donc le client du secteur préfabrication. Les opérateurs machines participent aux missions logistiques en prélevant les pièces mises à disposition, en réalisant les produits intermédiaires ou parfois en les amenant directement à la machine suivante.

Le service logistique a pour mission l'approvisionnement des différents postes de préfabrication en pièces conditionnées dans des contenants spécifiques au secteur. Le service est composé de caristes qui assurent l'approvisionnement des produits semi-finis et d'encours de fabrication ainsi que leur évacuation des zones « d'approvisionnement et de retour » dans le secteur de préfabrication. Leur principale mission est de satisfaire leur client en termes de délais et de qualité. Enfin, dans la zone « gare de pointage » un pointeur est présent. C'est un logisticien qui s'occupe de pointer les ordres de fabrication réalisés à certaines machines afin de déduire les stocks de matières premières et augmenter les stocks de

produits semi-finis. Ces pointages sont faits après chaque étape de production. La pièce change de référence après avoir subi une transformation lors d'un processus. C'est pourquoi il est nécessaire de pointer les ordres de fabrication pour ajuster les stocks, jusqu'à obtenir le produit semi-fini.

1.2.2 L'environnement : le secteur préfabrication et son fonctionnement

Gaggenau Industrie est en forte expansion depuis des années. L'entreprise a ainsi souhaité internaliser la préfabrication des produits qui seront ensuite assemblés sur les lignes de production. Ce choix est le résultat d'un calcul de coût : make or buy. Il est plus intéressant de fabriquer certaines pièces que de les acheter à un fournisseur. L'entreprise possédant les compétences et les ressources humaines et financières, le secteur préfabrication se développe en ajoutant de nouvelles machines et des moyens de production au sein de l'usine de Lipsheim.

Nous allons décrire ce secteur et développer certains points spécifiques qu'il présente, dans son fonctionnement, afin de comprendre l'environnement dans lequel évoluent les utilisateurs.

Les produits semi-finis, ensuite assemblés sur les lignes de production avec les pièces externes achetées, sont donc réalisés au sein du secteur préfabrication. C'est une partie de l'entreprise très axée sur la production et où la logistique passe au second plan. Il s'agit de respecter des tailles de lot, des temps de passage de pièces et d'avoir un TRS fort.

L'une des complexités principales de ce secteur est que la production est très irrégulière. Les temps de passage de pièce, tout comme les quantités produites et les lots, varient selon les références. Il arrive que certaines machines ne tournent pas pendant plusieurs jours. De même les changements de série dans une journée peuvent être nombreux, comme inexistantes. La production dépend des besoins des lignes de montage et de leur planification. La préfabrication, en amont, assure un stock disponible au magasin de stockage suffisant sur les pièces concernées.

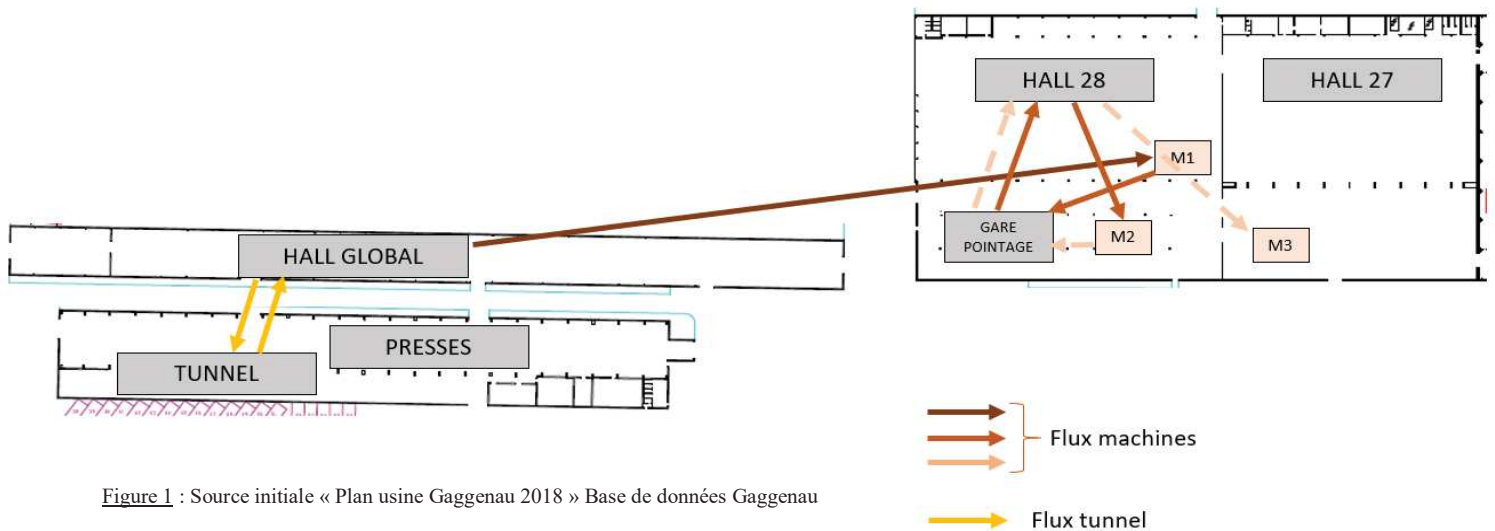


Figure 1 : Source initiale « Plan usine Gaggenau 2018 » Base de données Gaggenau

Le travail logistique fonctionne principalement à l'expérience. Cinq caristes répartis sur deux équipes assurent l'approvisionnement des postes et la recherche de pièces dans les zones de stockage. Les opérateurs commandent leur pièce selon leur plan de production, directement aux caristes en leur téléphonant ou en les interpellant. Il n'y a pas de passage de commande informatisé.

Géographiquement, la préfabrication a la particularité d'être répartie sur trois bâtiments distinct, présentés sur la figure 1.

Le premier bâtiment, appelé Hall Global est un espace de stockage réservé à la préfabrication. Dans le second se trouvent les presses (premières étapes de fabrication des produits semi-finis), ainsi que le tunnel de dégraissage. Le tunnel implique de nombreux flux avec le Hall Global (flux tunnel sur la figure 1). Le troisième bâtiment regroupe toutes les autres machines et postes de préfabrication, répartis dans deux halls, ainsi que la gare de pointage. Des racks sont aussi présents dans les halls 28 et 27 près des machines. Les pièces les plus sensibles et les plus utilisées sont stockées dans ces racks plutôt que dans le Hall Global.

Les caristes doivent donc passer en extérieur pour aller d'un bâtiment à l'autre.

Les en-cours de fabrication réalisent le flux suivant, visualisable sur la figure 1 (flux machines)

- Stockage dans le Hall Global ou Hall 28/27
- Approvisionnement de la machine M1 (premier processus)
- Evacuation contenants vides et pièces en sortie machine
- Transfert vers la gare de pointage
- Mise en stock jusqu'au besoin à la prochaine machine M2

- ...
- Livraison du produit semi-fini au magasin de stockage, à disposition des lignes de production

Ce flux représente les transferts de pièces classiques d'une machine à une autre, jusqu'à ce que tous les processus aient été effectués sur les pièces.

En plus de ce flux classique, le tunnel de dégraissage a un programme journalier à respecter. Il ajoute des contraintes horaires aux caristes pour certaines pièces. Les caristes préfabrication impriment quotidiennement le plan de production du tunnel et doivent approvisionner les pièces nécessaires. Cette activité prend la priorité sur l'approvisionnement classique des autres machines. Cette priorité est due au long temps de chauffage du tunnel qui oblige la production à passer les pièces basses températures en premier et limiter les changements de programme.

Le rôle des caristes est défini de manière théorique. L'un d'eux réalise les échanges entre le Hall Global et le bâtiment du tunnel et presses, l'autre assure l'approvisionnement de toutes les machines des halls 28 et 27. Lorsqu'il y a un troisième cariste, celui-ci amène les produits semi-finis au magasin de stockage et aide les deux autres caristes en fonction des priorités et des urgences.

Cette répartition des rôles reste théorique. C'est l'urgence et les besoins machines qui vont déterminer leur rôle au quotidien. L'équipe de caristes travaille à l'expérience et s'entraide en définissant eux-mêmes les priorités.

Enfin la particularité principale du secteur préfabrication est que les pièces ne sont pas gérées en WM (Warehouse Management). Le stockage est donc aléatoire entre les racks des Halls 28/27 et le global. Les commandes se font oralement. La seule

indication présente dans l'ERP est la quantité par référence présente dans l'entreprise, suite aux pointages successifs réalisés au niveau de la gare de pointage. Cette quantité peut être répartie dans les différents points de stockage.

Ce choix de ne pas gérer les références préfabrication permet d'éviter les pertes de temps causées par les passages de commande et les transferts informatiques. Il permet aussi un gain de place puisque les emplacements de stockage ne sont pas attribués : les caristes gèrent leur espace et réorganisent le stock au fur et à mesure de la journée. Cette activité représenterait un nombre important de transferts à réaliser et un suivi des stocks et des emplacements très précis.

Ainsi, comme décrit au travers des différents points évoqués, la préfabrication est un secteur de l'usine complexe, avec beaucoup de spécificités. Il n'est pas géré en système de production, et la logistique y est relativement floue. L'expérience des caristes est primordiale puisqu'il leur est demandé de dépasser leur fonction afin d'impacter positivement le fonctionnement global du secteur.

Ces difficultés et spécificités du secteur causent des retards de production, des délais d'approvisionnement des machines longs ou encore des pertes de pièces. Il arrive de devoir reproduire des pièces dites perdues, qui seront retrouvées par après.

1.3. Besoins et enjeux

1.3.1 Le besoin : Approvisionner les postes de préfabrication en système Milk-run

Afin d'améliorer le système d'approvisionnement des pièces en préfabrication, Gaggenau souhaite mettre en place un système de Milk-run. En faisant cela, l'entreprise souhaite trouver un système plus stable et plus régulier grâce à un fonctionnement en tournées. Ce type de système d'approvisionnement des postes est de plus en plus utilisé depuis le développement du juste-à-temps (JIT) et la démarche lean (Nemoto et al., 2010). De plus ce nouveau système serait aussi plus proche de celui des autres secteurs de l'usine, permettant une polyvalence des logisticiens d'un secteur à l'autre.

Ce besoin vient aussi de la nécessité de standardiser le travail. En effet, dans une logique de polyvalence et d'adaptabilité, les postes doivent pouvoir être maîtrisés par une nouvelle personne rapidement. Or la préfabrication et particulièrement les caristes,

fonctionnent principalement à l'expérience. Les processus sont parfois implicites et les caristes organisent leur travail entre eux. Aujourd'hui il est difficile de remplacer un cariste préfabrication absent.

Enfin, la logique d'internalisation de la préfabrication et le développement du secteur imposent un système flexible, régulier et organisé. L'ajout de machines et de références dans le secteur augmentera la complexité et les difficultés à assurer un bon approvisionnement des pièces. Un système Milk-run permettra d'absorber l'augmentation de complexité plus facilement que le système actuel.

Le besoin actuel dans ce secteur est donc la mise en place d'un système de Milk-run. Ceci implique aussi une standardisation et simplification du travail par le biais de processus clairs et définis. Ce système de tournée doit se rapprocher du fonctionnement des autres secteurs. Ainsi les postes seront plus abordables par de nouveaux employés et un logisticien absent peut être remplacé par un logisticien travaillant d'habitude au magasin ou sur les lignes de production.

L'objectif à atteindre est que le nouveau système soit au moins aussi efficace que le précédent. L'efficacité évoquée est en terme de temps de recherche de la pièce et de délai d'approvisionnement des machines. Une analyse des retards d'approvisionnement et éventuels arrêts de machines permettra l'évaluation de celui-ci. Aussi, l'objectif en termes d'arrêts de chaîne de production imputés à la logistique et concernant une pièce interne est de 20 minutes par semaine. Une ligne ne doit pas être arrêtée plus de 20 minutes par semaine pour problème d'approvisionnement d'une pièce interne. Ce chiffre vient de l'objectif d'arrêt global de chaîne de 60 minutes par semaine et du fait qu'il y ait environ 30% de pièces internes.

1.3.2 Les enjeux : L'impact sur les lignes de montage et le développement de la préfabrication

On distingue deux enjeux importants :

Par définition, la préfabrication impacte la productivité de son client : les lignes de production. L'élément principal mis en jeu si le besoin n'est pas atteint est donc la productivité des lignes. Les retards de production des produits semi-finis peuvent aboutir à des arrêts de chaînes. Dans le domaine de l'électroménager de luxe, un arrêt de chaîne représente des enjeux financiers importants. De plus, il arrive qu'un même poste de préfabrication réalise des pièces pour plusieurs lignes de production

différentes. Dans ce cas, il risque de mettre en péril la productivité de plusieurs lignes. Le paramétrage des Milk-run est donc primordial étant donné ses conséquences et impacts sur la productivité de l'usine (Emde and Boysen, 2011).

Le second enjeu de la mise en place du Milk-run est le bon fonctionnement de la préfabrication en cas de développement de celle-ci avec l'arrivée de nouvelles machines et étapes de production. En effet si le système d'approvisionnement du secteur reste précaire, il ne pourra pas suivre le développement et l'augmentation de volume. Le modèle logistique impacte directement la productivité du secteur. La préfabrication elle-même a donc aussi besoin que l'objectif soit atteint.

Pour s'approcher de sa vision et réaliser ses projets, l'usine de Lipsheim a besoin d'une préfabrication performante. Pour cela, le système d'approvisionnement doit lui aussi être amélioré, ce qui justifie le choix de l'implantation d'un Milk-run. Le besoin évoqué présente donc un double enjeu. D'abord la performance des lignes de production puis celui de la mise à niveau du système d'approvisionnement des machines pour répondre à la volonté de développement du secteur.

1.4. Problèmes rencontrés

En l'état, le Milk-run tel qu'il est utilisé dans les autres secteurs de l'entreprise ne peut pas être mis en place en préfabrication. Les spécificités du secteur empêchent une reproduction à l'identique du système d'approvisionnement des lignes de production.



Figure 2 Photo d'un Milk-run grand contenant reliant le magasin de stockage aux lignes de montage. Source : Base de données Gaggenau

Tout d'abord, les Milk-runs tels qu'ils sont utilisés à Gaggenau (figure 2), ne peuvent pas passer en extérieur. Or les trois bâtiments qui constituent la préfabrication sont séparés. Le train ne pourrait donc

pas atteindre à la fois le stockage et les destinations des pièces, le sol en extérieur n'étant pas praticable par ce genre de véhicules. Seule la liaison Hall Global vers Presses + Tunnel serait réalisable car le passage en extérieur est très court et relativement aménagé, permettant de circuler. Cependant, le Milk-run ne peut pas amener les pièces sortant du tunnel ou des presses aux machines des Halls 27 et 28. Il ne peut pas non plus relier le stock de Hall Global aux machines de préfabrication (figure 1).

Ensuite, la recherche des pièces dans le secteur préfabrication est complexe. Le temps de recherche est variable et peut être considérable. Le système d'approvisionnement en tournée ne peut donc pas s'occuper de la recherche de pièce. Un système Milk-run a pour but de réaliser des tournées constantes, le long d'une route définie qui passe par les différentes machines clientes (Brar and Saini, 2011). Les caristes du système actuel s'organisent pour gérer à la fois la recherche de pièce et la livraison aux machines. Le Milk-run ne pourra s'occuper que de l'approvisionnement des machines.

En découle le problème suivant, le système Milk-run ne peut pas remplacer totalement le système avec les caristes. En effet, seuls des véhicules de type chariots élévateurs peuvent s'occuper de la recherche de pièces dans le Hall Global et dans les racks des Halls 28 et 27. Le stockage en hauteur et le manque d'organisation des zones impliquent un véhicule flexible et rapide, pouvant manipuler des palettes. Le problème présenté ici est donc qu'un système



Figure 3 : Photo d'une base roulante. Source : Internet rolleco.fr

d'approvisionnement en Milk-run ne peut pas être indépendant. Il a besoin de caristes pour la recherche de marchandise.

Aussi, pour transporter des pièces, les Milk-runs comme présentés sur la figure 2 ont besoin de plateformes. Ces dernières sont appelées « bases roulantes » (exemple sur la figure 3) et se fixent aux attaches du train, entre les arcs blancs. Elles accueillent des palettes comme des boxes grillagés qui sont les deux principaux contenants utilisés en préfabrication. Aujourd'hui, il n'y a pas de zone disponible ou aménagée qui permettrait cette mise sur base de la marchandise. Le Milk-run ne pourrait

donc pas récupérer et transporter les pièces vers les différentes machines. Une telle zone existe au magasin de stockage, appelée « chargement heavy » où les caristes déposent les contenants sur ces bases roulantes à disposition du Milk-run lors de sa tournée. La reproduction du système d'approvisionnement des lignes de montages n'est donc pas possible tant qu'une zone dédiée à la mise sur base n'existe pas dans le secteur.

Un autre problème empêchant la réalisation du besoin, et donc la reproduction du système Milk-run des autres secteurs de l'usine se trouve dans le passage de commande. En effet, sur les lignes de montages, les opérateurs commandent via SAP et les caristes du magasin de stockage reçoivent l'ordre de transfert, préparent la marchandise sur base roulante et le Milk-run la récupère lors de sa tournée. En préfabrication, les commandes ne peuvent pas être passées via SAP, les pièces n'étant pas gérées en WM. Dans le système actuel, les opérateurs commandent oralement leurs pièces aux caristes en les interpellant, ou en leur téléphonant. Dans le cas de la mise en place d'un Milk-run, les opérateurs doivent avoir un moyen de commander auprès des caristes et non auprès du Milk-Runner. Effectivement, la reproduction du système des autres secteurs implique que les caristes recherchent les pièces demandées, et que le train les achemine jusqu'au poste client. Le passage en WM n'étant pas possible, il y a un problème au niveau du passage de commande. Celui-ci nécessitera un outil spécifique, les appels téléphoniques n'étant pas assez flexibles et pratiques dans le cas du développement du secteur préfabrication.

Enfin, la variabilité et l'irrégularité de la production impliquent une charge non-lissée pour l'approvisionnement des machines. En cas de pic de commande (variabilité haute) les logisticiens sont amenés à prioriser. Des machines comme le tunnel de dégraissage sont par exemple prioritaires sur les autres. Aujourd'hui, les caristes priorisent par l'expérience qu'ils ont acquise. Il n'y a pas d'outil ou de document auquel se référer pour savoir dans quel ordre approvisionner. Un train de type Milk-run étant moins flexible et devant suivre une route et des tournées définies, il aura besoin d'un tel outil, dans le cas où trop de contenants sont à livrer par rapport à son nombre de wagons. Le fait qu'il n'existe pas encore d'outil est un problème qui empêche la mise en place directe d'un Milk-run. Un système de priorité clair s'inscrit aussi dans le souhait de polyvalence des logisticiens et permet de limiter le travail à l'expérience.

1.5. Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous pouvons déduire que l'objectif de mise en place d'un système de Milk-run dans le secteur préfabrication est contraint par différents problèmes. Il s'agit à présent de trouver des solutions pour modifier le secteur, ses processus, ou le Milk-run tel qu'on le connaît dans l'usine, pour qu'ils soient compatibles.

On peut donc poser la problématique suivante :

Comment adapter le système de Milk-run aux contraintes présentes dans le secteur préfabrication ?

Nous tenterons de répondre à cette problématique dans le chapitre suivant à l'aide de solutions déduites d'une analyse bibliographique. Dans le troisième chapitre, nous allons réaliser une évaluation des solutions issues de la recherche bibliographique pour étudier si elles sont applicables à Gaggenau Industrie.

CHAPITRE 2 : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous étudierons la démarche menée pour travailler sur la problématique exposée. Il s'agit d'abord d'expliquer la recherche d'articles scientifiques sur le sujet à traiter. Ensuite, nous exposerons les solutions trouvées dans la littérature scientifique. Ces solutions seront ensuite évaluées dans le chapitre trois en mettant en relation les éléments théoriques avec notre cas pratique d'entreprise.

2.2 Matériel et Méthode

Nous nous intéresserons d'abord au matériel utilisé avant d'aborder la méthode suivie pour l'obtention des solutions.

2.2.1 Le matériel

Le matériel définit les ressources utilisables pour trouver les différentes solutions. Les principales ressources qui ont été utilisées pour la conception de ce mémoire sont des bases de données bibliographiques regroupant des articles scientifiques. Les articles présents dans la bibliographie ont donc été trouvés sur différentes bases de données :

- ScienceDirect :

Cette base de données accessible aux étudiants via le portail documentaire de l'ENT donne accès à des revues académiques composées d'articles

scientifiques dans de nombreux domaines. Ces articles ont été revus par des pairs afin de les valider comme littérature scientifique. Les domaines qui nous intéressent, comme la gestion, logistique ou la production sont particulièrement fournis.

ScienceDirect a été la base la plus utilisée pour la recherche documentaire étant donnée la facilité d'accès aux ressources, sous forme de PDF notamment. La plateforme propose aussi différents filtres pour rechercher des articles précis et ne pas tomber uniquement sur des articles généralistes, par exemple en ajoutant dans mots-clés.

- Google Scholar :

Cette plateforme est en fait un service de Google qui donne accès à une plus grandes variétés de ressources. Nous pouvons consulter des citations, thèses, articles ou livres scientifiques. Certains ont parfois été revus par des pairs en comités de lecture. Cependant cette base est plus difficilement utilisable que la précédente. En effet très peu de filtres sont disponibles pour affiner la recherche, obligeant le chercheur à trouver les mots-clés précis correspondant à l'article ou domaine recherché. Aussi, peu d'articles étaient complètement accessibles. La consultation de livres et articles est souvent payante malgré l'accès Unistra. Seule une minorité d'articles proviennent donc de Google Scholar. Les articles étant cependant bien différents de ceux trouvés sur d'autres bases, la plateforme a permis d'élargir les horizons et orienter différemment la recherche en donnant des idées pour trouver de nouveaux articles.

- Business Source Première (BSP) :

La plateforme BSP est une base de données, similaire à ScienceDirect. Elle a permis de trouver plusieurs articles grâce à la qualité des filtres disponibles. De plus, BSP est hébergé sur l'EBSCO et c'est par ce biais que l'accès est proposé sur le portail documentaire. L'EBSCO héberge d'autres bases de données, nous pouvons très facilement passer de l'une à l'autre. Enfin, on repère aisément les articles disponibles en PDF, en accès en ligne Unistra, ainsi que les références citées dans l'article, permettant d'approfondir les recherches. La facilité d'utilisation, l'ergonomie et l'accès direct aux ressources font que BSP a été l'une des sources principales pour la recherche d'articles.

Les articles choisis proviennent de différentes revues, dont les principales sont :

- International Journal of Production Research qui publie bimensuellement des articles sur les recherches dans les domaines de la production et

fabrication. Elle s'intéresse aux technologies de production et aux problèmes interdisciplinaires d'analyse ou de contrôle d'un système de production. Nous pouvons ainsi y trouver des articles avec des aspects très athématiques de résolutions de problèmes, à l'aide de simulations et d'algorithmes par exemple.

- European Journal of Operational Research qui est une revue axée sur les méthodes de recherches opérationnelles. Elle publie également des articles sur la prise de décision. Les articles de méthodologie sont classés en différentes catégories (Continuous Optimization, Stochastics and Statistics,...). L'avantage des articles méthodiques, pour ce mémoire, est qu'ils retracent souvent l'état de l'art en faisant un point sur ce qui est connu et les tendances actuelles dans les domaines de la logistique et du transport interne.

- Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review qui publie exclusivement sur les domaines de la logistique et du transport. Des sujets tels que la performance de la logistique, des modèles de systèmes de transport ou encore le management de la supply chain y sont étudiés. Cette revue s'intéresse donc principalement au transport externe. Malgré tout, cette revue est utilisable pour ce mémoire concernant la logistique interne. En effet, D.Patel et A.Vadher expliquent qu'il existe des milk-runs externes et internes (Patel et al., 2014). Les premiers réalisent des tournées régulières chez différents fournisseurs avant d'approvisionner l'usine. Les seconds sont les petits trains qui nous intéressent, internes à l'usine, capables d'approvisionner plusieurs postes le long de leur tournée. Des éléments du transport et des milk-runs externes peuvent être utilisés pour l'amélioration du modèle de transport interne. Les études sur les fournisseurs externes peuvent bien souvent être applicables et adaptées aux fournisseurs internes par exemple. C'est en ce sens que la revue Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review apporte des éléments constitutifs du mémoire.

Afin de compléter les bases de données et les mettre en relation avec la réalité du cas pratique, le recours à des informations internes à Gaggenau a été nécessaire. Effectivement le projet de Milk-run dans le secteur préfabrication est un sujet en cours dans l'entreprise. L'étude des enjeux de ce projet et la compréhension des flux dans ce secteur de l'usine ont donc été importants pour la réalisation de ce mémoire. Les données et informations sur les flux physiques et d'information viennent donc des

différents services concernés et de discussions avec les opérateurs et logisticiens sur le terrain. Enfin les recherches de plans et documentation sur les projets passés dans le secteur ont apporté d'autres éléments constitutifs du mémoire. L'utilisation des ressources académiques avec les différentes bases de données et terrains en entreprise offre une compréhension plus complète du sujet et la mise en relation entre les solutions proposées dans la littérature et la réalité du terrain.

2.2.2 La méthode

La démarche méthodologique pour la sélection des articles scientifiques répondant à la problématique et au sujet comporte plusieurs étapes :

Etape 1 : Détermination des mots-clés à utiliser pour trouver des articles pertinents.

Etape 2 : Recherche d'articles et sélection de ceux à utiliser.

Etape 3 : Analyse et organisation des articles grâce à des outils informatiques (Excel et Zotero) pour structurer le mémoire.

- Etape 1

Pour entamer le mémoire, il a d'abord fallu choisir un domaine d'étude au sein de Gaggenau. Mon choix s'est porté sur le système d'approvisionnement de la préfabrication et plus particulièrement sur l'éventualité de mise en place d'un Milk-run. Ce sujet provient de projets auxquels j'ai pu participer. Gaggenau a effectivement fait appel au site BSH grec pour étudier la faisabilité d'un tel projet et j'ai pu passer du temps avec le consultant externe pour lui expliquer et traduire les différents flux présents dans le secteur. Ce sujet est donc bien une interrogation réelle au sein de l'entreprise cette année, offrant une opportunité de recherche scientifique adaptée au besoin entreprise.

La connaissance des processus du Milk-run existants dans les autres secteurs de l'entreprise et l'apport en connaissance lors du travail sur les flux de préfabrication a permis de poser une problématique sans pour autant connaître les solutions à l'avance. Il s'agit donc de se demander comment le système Milk-run pourrait être adapté au secteur préfabrication, afin de correspondre à ses spécificités.

Pour trouver des articles scientifiques correspondant au sujet, il a fallu d'abord déterminer des mots-clés à utiliser dans les bases de données. Les premiers mots-clés généraux tels que « Milk-run logistics » ont permis d'effectuer un état de l'art en étudiant des

articles expliquant ce qui se fait en matière de Milk-run. Ensuite, la recherche s'est affinée avec des termes comme « in-house transportation » et « feeding parts » pour étudier les différentes possibilités d'approvisionnements internes et comprendre les éléments de chacun. C'est aussi grâce aux premiers articles que j'ai appris que les Milk-runs internes étaient souvent appelés « tow trains ». En effet on peut parler de petits trains, ou de trains logistiques internes. La recherche est donc partie de mots-clés généraux qui ont eux-mêmes aboutis sur des termes clairement identifiables comme mots-clés, utilisés par la suite pour trouver et étudier de nouveaux articles scientifiques.

Les différents mots-clés trouvés durant la recherche ont aussi permis de lisser les connaissances sur les différents éléments de recherche. C'est-à-dire que certains mots-clés aboutissaient plutôt sur des éléments d'état de l'art, d'autres sur des comparaisons et explications de systèmes d'approvisionnement, d'autres encore sur de la mise en place de Milk-runs internes et processus associés.

- Etape 2

Une fois les mots-clés déterminés, il s'agissait de rechercher et trier les articles à utiliser. La première difficulté à gérer était la quantité d'articles à disposition. Il fallait savoir par lesquels commencer puisque, dans un premier temps il me semblait important d'avoir une vue d'ensemble sur ce qui existait en termes de Milk-run afin de dresser un état de l'art. Les mots-clés généraux ont donc été utilisés pour ces premières recherches.

La constitution d'un premier groupe d'articles s'est faite en récupérant rapidement les premiers résultats pertinents trouvés. Ce groupe a donc formé une base de travail, à affiner par la suite suivant une méthode d'entonnoir. Les articles ont été lus et étudiés par vague de 3 à 5 articles. De cette manière, la base a pu être créée puis détaillée sur différents points précis. Ces vagues correspondent aussi à des séries de mots-clés adaptés aux recherches successives.

Il s'agissait de ne trouver que des articles pertinents, apportant quelque chose au propos du mémoire. Pour cela il a fallu se séparer de certains articles. La structure des articles scientifiques présentant généralement un résumé avant le corps du texte, certains articles ont pu rapidement être identifiés comme non-utilisables et écartés. Pour d'autres, le retrait s'est fait après lecture exhaustive et analyse.

Pour étudier les processus liés aux Milk-runs, il fallait aussi s'intéresser aux autres systèmes logistiques. De cette manière on peut comprendre le

Milk-run au travers de ses différences par rapport aux autres systèmes qui répondent au même objectif logistique : rendre les pièces disponibles au bon moment, au bon endroit et en bonne quantité (Grazia Speranza, 2018).

Finalement, la compréhension des systèmes Milk-run existants et de leur processus ont permis d'aboutir sur des solutions à la problématique posée. Avant de les présenter, il s'agit d'explicitier la manière de traiter l'information et analyser les articles scientifiques utilisés dans la méthode de travail.

- Etape 3

En effet deux outils informatiques principaux ont été utilisés pour analyser les textes et gérer l'information.

Tout d'abord le logiciel Zotero a servi à gérer la bibliographie. Lorsqu'un article a été trouvé sur les bases de données, le logiciel peut sauvegarder cet article et toutes les informations correspondantes telles que les auteurs, le résumé, la revue... Ainsi on se constitue une bibliothèque d'articles analysables. Les informations clés sont rapidement mises en évidence et le logiciel permet par exemple de suivre le nombre de revues utilisées.

En plus de cela, Zotero permet, grâce à une extension Word, de citer les textes d'une manière standardisée et d'obtenir automatiquement la bibliographie. Le logiciel répertorie les informations à utiliser dans la bibliographie des citations insérées grâce à l'extension. Il offre donc une cohérence et un standard de rédaction.

Enfin, tous les articles enregistrés dans Zotero sont accessibles directement dans le logiciel, ce qui évite de devoir les rechercher à nouveau sur les bases de données scientifiques.

Parallèlement à ce logiciel support pour la forme ainsi que la gestion de la bibliographie et des articles, un fichier Excel a été créé pour l'analyse du contenu de ces derniers.

Cet outil contenait une ligne pour chaque article et des colonnes avec différentes utilités. Dans certaines, des passages du texte ont été collés afin de se remémorer les points centraux de l'article ainsi que le propos principal de l'auteur. Le but ici est double : ne pas avoir à repasser en revue tout le texte pour comprendre son contenu et aussi savoir quoi citer ou utiliser dans le mémoire. Une fois les passages clés identifiés pour les articles, la relecture de ces passages permet de connaître les aspects couverts par la bibliographie sélectionnée.

La colonne principale pour chaque article consistait à placer la ressource dans un élément du plan SPRI et de retirer l'élément principal de l'article. Il s'agissait de savoir si l'article serait utilisé pour proposer une solution, une limite... De cette manière, le fichier a servi à vérifier la cohérence globale en prenant du recul sur le plan du mémoire et vérifier l'équilibre des différentes parties de celui-ci. C'est en complétant ces informations durant la lecture de chaque texte que j'ai bâti la structure du mémoire. Les informations n'étaient cependant pas complétées uniquement grâce au contenu théorique de l'article mais déjà en le plaçant dans le cas pratique de la situation en entreprise. Le fichier joue donc un rôle à la fois pour le chapitre deux et trois.

Aussi, l'identification des articles majeurs par une couleur dans ce fichier, indique la nécessité d'une relecture approfondie car les différents passages ne suffisent pas à couvrir tout le propos de l'auteur de l'article.

C'est donc au travers du fichier que l'analyse des différents articles trouvés a été réalisée. L'identification des passages clés retraçant le propos du texte ainsi que le fait de placer les articles dans le plan SPRI a à la fois aidé à utiliser les articles dans la rédaction mais aussi à orienter la recherche de nouveaux articles afin de compléter et structurer le tout, sans avoir de partie faible ou manquant de ressource.

2.3 Les solutions développées

Après l'étude des différents articles, il s'agit à présent d'extraire les solutions qui répondent à la problématique. Comment adapter le système de Milk-run aux contraintes présentes dans le secteur préfabrication ?

Dans ce chapitre, les solutions seront analysées et décrites de manières théoriques afin de comprendre leur fonctionnement. L'évaluation de celles-ci en rapport avec le cas pratique de l'usine Gaggenau se fera dans le troisième chapitre.

L'étude des articles scientifiques a abouti sur plusieurs propositions de solutions qui permettent d'adapter le système Milk-run à des contraintes variées. Ces solutions peuvent être très diverses, pouvant concerner des processus tout comme des modifications physiques de l'espace. Le regroupement d'auteurs (Alnahhal et al., 2014) explique dans leur article la complexité des implications de la mise en place d'un nouveau système d'approvisionnement des postes. En effet, au-delà du choix d'utiliser ou non un Milk-run, il est

essentiel de considérer tout ce qui affecte le Milk-run mais aussi ce qui est impacté par celui-ci. C'est pour cela que, pour proposer un outil logistique adapté au secteur et au besoin de l'entreprise, diverses décisions à plusieurs niveaux sont requises. Dans notre cas, ces décisions émanent des solutions trouvées dans la littérature scientifique.

- La mise en place d'une zone buffer

Cette première solution consiste à délimiter un espace physique dans l'entrepôt, l'usine ou un quelconque endroit où passe le Milk-run. Cette zone est décrite comme une zone de pré-chargement ou encore de préparation pour le petit train (Urru et al., 2018). Elle sert d'interface entre le lieu de stockage des pièces et les postes à approvisionner. C'est ici que les contenants sont mis sur des plateformes roulantes pour que le train puisse les charger et les acheminer jusqu'à la machine cliente. Cette zone est appelée « buffer ».

Son fonctionnement est facilement compréhensible dans le cas d'une usine présentant un entrepôt avec stockage en hauteur. Effectivement, un Milk-run ne peut pas prélever de contenant dans des racks par exemple. C'est donc un cariste avec un chariot élévateur classique qui réalise cette opération. Il va ensuite placer le contenant sur une base roulante, dans la zone buffer, qui servira de gare pour le Milk-run. Tous les contenants à approvisionner aux différents postes sont donc préparés et regroupés dans cette gare, à disposition du Milk-run.

Cette solution présente un avantage principal pour le système d'approvisionnement en tournée. C'est que le véhicule réalisant les tournées n'effectue qu'un arrêt, dans une gare centralisée, au niveau de la zone de stockage. Toutes les opérations qui ne sont pas réalisables par le petit train sont réalisées au préalable par les caristes de l'entrepôt.

La zone buffer joue aussi un rôle d'interface pour le flux inverse. Dans le cas de retour de production ou d'évacuation de produits semi-finis d'un poste de travail, ces contenants doivent être remis en stock. Là encore, c'est uniquement dans cette zone que le Milk-run déposera les retours, à disposition des caristes. Ce sont ensuite eux qui pourront effectuer la remise en stock en hauteur, dans le magasin de stockage. L'interface a donc un double rôle, à la fois pour la préparation des contenants à approvisionner mais aussi comme point de déchargement pour les retours. L'article *Cross-Docking and Its Implications in Location-Distribution Systems* (Gümüs and Bookbinder, 2004) ajoute aussi le flux

des contenants vides. En effet, certains postes ou certaines machines peuvent avoir besoin de contenants spécifiques pour placer les pièces passées. De la même manière, la matière première d'un poste arrive dans un contenant qui finira par être vidé. Ce flux représente aussi un grand nombre de transports internes dans une entreprise. La zone buffer peut contenir un espace dédié à ces contenants vides. Ainsi, les caristes peuvent veiller à ce qu'un nombre déterminé en amont de contenants soient disponibles pour le petit train afin d'approvisionner les lignes de production, postes ou machines qui en ont besoin. Ces contenants doivent eux aussi être placés sur bases roulantes afin de pouvoir être transportés par le train. Il en va de même pour les retours de contenants vides (matières premières passées dans un nouveau contenant par exemple), où le train les redépose dans la zone buffer. Le cariste responsable du flux des contenants vides, pourra ainsi soit le remettre en stock, si assez de contenants sont à disposition dans le buffer, soit le replacer dans celui-ci pour une prise future.

Cette solution théorique est bien connue des entreprises dont le transport interne est stratégique. En plus d'une interface physique de choix entre les opérations de stockage/déstockage, et approvisionnements des postes clients, une zone buffer permet une gestion visuelle facilitée. Du point de vue du Milk-run, toutes les pièces présentes dans la zone buffer doivent être approvisionnées vers les postes clients. La commande a déjà été réalisée auprès des caristes grâce au système d'information, il ne reste qu'à réaliser la partie physique. Dans le cas d'une entreprise avec un nombre restreint de postes clients, la zone buffer peut être divisée physiquement en sous-zones, chacune représentant un poste client. De cette manière, le petit train sait directement à quel poste livrer les pièces. C'est en ce sens que la zone buffer présente un aspect fort de gestion visuelle. Lors de sa tournée, à l'arrivée vers le buffer, le conducteur du petit train voit directement si des pièces sont à approvisionner aux postes clients. Inversement, les caristes de l'entrepôt verront aisément si des pièces ou des contenants vides ont été ramenés par le Milk-run pour remise en stock. Lorsqu'il préparera une palette à approvisionner sur une plateforme roulante il pourra, sur le retour prélever un contenant retour, et ainsi ne pas rouler à vide lorsqu'il réalise ce flux.

Afin d'assurer cette gestion visuelle, la zone buffer peut être faite de plusieurs manières. L'une d'entre elles est la répartition en sous-zones par postes clients, comme expliqué précédemment. Ce fonctionnement peut laisser place à des erreurs

humaines ou des dérives, si le cariste place le contenant dans la mauvaise sous-zone, ou si l'une d'entre elle déborde et qu'il se retrouve forcé de la placer dans une autre.

Un autre moyen de diviser la zone buffer est une division en deux parties : flux approvisionnement des machines, et flux retour. Le premier représente le flux du stock vers les machines clientes, le second concerne les retours de production, en contenants vides ou en produits semi-finis ou finis. Une telle division n'indiquera cependant pas au petit train où approvisionner les pièces préparées par le cariste. Cette information doit donc être gérée autrement, par exemple à l'aide du système d'information ERP qui peut imprimer automatiquement la destination de la pièce lors de l'impression de l'ordre de la commande. Autrement dit, lorsqu'un poste de production commande une pièce, un ordre de transfert s'imprime dans le magasin de stockage sous forme d'une étiquette indiquant la référence, l'emplacement de la pièce, la quantité et la destination qui sera le poste où la commande a été réalisée.

La zone buffer doit être dimensionnée judicieusement afin de pouvoir absorber les pics de commandes (Klenk et al., 2015) tout en gardant l'aspect visuel et la possibilité de préparer des contenants sur bases roulantes. L'analyse de l'historique des commandes passées par les postes de production lors période de production haute, permet de savoir combien de contenants pourraient être présents dans la zone de chargement en même temps. Le calcul doit aussi prendre en compte la capacité de transport du petit train qui déterminera comment le buffer sera vidé au fur et à mesure des tournées.

Le dimensionnement et la structure de cette zone peut aussi présenter une zone « urgence » qui contiendra les contenants à approvisionner en priorité pour le Milk-run. En effet afin de ne pas créer d'arrêt de production, les commandes doivent être passées à l'avance et la quantité par contenant doit être calculée de manière à optimiser les flux. Malgré une simulation et une mise en place prenant en compte les aspects de pics, des urgences peuvent survenir. Un changement imprévu de planification d'un poste par exemple nécessitera un approvisionnement rapide et donc une certaine agilité pour le petit train et les caristes. La présence d'une zone urgence dans le buffer prend son intérêt dans ce genre de situation.

Les recherches sur la zone buffer décrivent aussi une autre alternative dans l'utilisation de cette zone. Un espace peut en effet être attribué à des références

gérées en Kanban. Ces pièces doivent être utilisées de manière régulière (Golz et al., 2012) afin de ne pas cannibaliser un espace utile dans l'interface entre le cariste et le Milkrunner. Les références régulières, sources de beaucoup de flux et gérées en Kanban peuvent donc avoir un espace dédié, afin qu'un contenant soit toujours disponible pour le Milk-run. Ainsi, il est intéressant de placer cette pièce dans la zone buffer pour gérer à la fois l'approvisionnement et le retour des lignes de production. De plus, le lieu servant d'interface, la gestion des cartes ou des contenants vides selon le type de Kanban peut être réalisée au même endroit. Par exemple, si une référence high-runner est commandée plusieurs fois par jour, il peut être intéressant de lui attribuer un emplacement défini visuellement. S'il est plein, le contenant est à la disposition du Milk-run pour répondre rapidement à la commande de la production. Une gestion des Kanban passant par la zone buffer confirme aussi ce rôle d'espace de préparation pour la prise par le Milk-run.

- L'ajout de contraintes horaires

Le paramétrage des tournées du Milk-run doit, comme vu précédemment, être adapté à la demande des machines clientes. Il est primordial pour les entreprises de s'assurer que son système d'approvisionnement correspond aux besoins des postes. Dans le cas où un seul petit train a une multitude de postes à livrer dans sa tournée, il peut y avoir une problématique de dimensionnement du Milk-run. En effet, il dispose d'un nombre d'emplacements limité pour prélever ou approvisionner des contenants, et plus la boucle (tournée du train) est grande, plus il y a de risques de ne pas pouvoir évacuer ou livrer un poste. Par exemple, il peut arriver que le Milk-run passe à un poste où des produits semi-finis sont à évacuer, mais si tous ses emplacements sont déjà occupés, il devra effectuer l'évacuation durant sa prochaine tournée.

Le fait de devoir passer à une machine sans pouvoir effectuer une action lors d'une tournée n'est généralement pas pénalisant si les tournées ainsi que le nombre de Milk-runs ont été bien étudiés. Cependant, cela peut tout de même poser un problème pour les machines à la productivité la plus forte. On peut imaginer qu'une machine produise un contenant plein de produits semi-finis lors de chaque tournée du Milk-run et aurait besoin d'être évacuée à chaque fois. Pour éviter ces occurrences, des contraintes horaires de passages aux machines peuvent être mises en place (Güner et al., 2017). Ces contraintes, formalisées, obligent le Milk-run à passer à un certain rythme aux différentes machines. Ainsi, il saura qu'il doit passer toutes les demi-

heures par exemple, à une machine précise. Ces passages obligatoires doivent toujours être réalisés avec un emplacement vide, afin de pouvoir prélever un éventuel contenant. Ces contraintes horaires vont donc être adaptées à la productivité des machines afin de synchroniser l'évacuation.

L'article explique qu'une fois de telles contraintes mises en place, il est possible de réaliser des indicateurs de taux de service aux différentes machines. Pour cela, c'est un système d'information qui doit indiquer les contraintes et suivre les déplacements du petit train. Si une entreprise présente un processus où le Milkrunner doit scanner les contenants qu'il prélève ou qu'il livre, il sera possible grâce à l'ERP de relever le nombre de contenants approvisionnés ou évacués. Ainsi, il est possible d'analyser les taux de services aux machines. Dans un second temps, les machines sollicitant le moins le Milk-run pourraient être supprimées de la route de ce dernier et être directement approvisionnées par un cariste, pour des approvisionnements ponctuels et non-réguliers. De cette manière, en limitant le nombre de machines dans la tournée, l'entreprise peut réduire son temps de tournée Milk-run, le petit train passera donc plus régulièrement aux postes restants dans la boucle.

Finalement, l'ajout de contraintes horaires pour passer à certaines machines, en plus d'un takt de tournée globale, permet de gérer de manière plus spécifique les différentes machines de la boucle. Le Milk-run a donc l'information des machines susceptibles de le solliciter régulièrement et peut s'adapter pour répondre à la charge de travail. Il est cependant recommandé d'avoir un système pour formaliser ces contraintes horaires et vérifier leur respect, comme avec l'exemple de l'ERP, pour pouvoir analyser la cohérence du paramétrage Milk-run au besoin. Une multitude d'indicateurs existent pour suivre la stabilité du système Milk-run. L'entreprise peut par exemple étudier la cohérence avec le planning grâce au nombre de tournées exceptionnelles ou non-prévues. Le taux d'occupation des emplacements du train ou encore le temps de cycle sont d'autres indicateurs proposés par la littérature (Staab et al., 2016). Le système de tournées doit être revu régulièrement pour rester en cohérence avec les besoins de la production.

- La création de plusieurs routes Milk-run

La multiplication des routes Milk-run est une adaptation du système de tournée que l'on retrouve dans plusieurs articles scientifiques. Le but est de réduire le temps des tournées d'une part, et éviter

d'avoir une charge supérieure à la capacité du Milk-run d'autre part.

La réduction du temps de tournée permet d'augmenter le nombre de passages du train aux différents postes de travail (Savelsbergh, 1992). Ainsi, des pièces seront approvisionnées plus régulièrement en cas de besoin, et les produits seront évacués plus rapidement aussi. Si le parc de petit train le permet, il est possible de créer plusieurs routes pour les trains et attribuer une route à chaque conducteur. On divise donc les postes clients en plusieurs groupes gérés individuellement au lieu d'une seule grande tournée passant par tous les postes.

D'autre part, cette multiplication des routes permet d'éviter un dépassement de capacité du Milk-run. Si la capacité est dépassée, cela signifie qu'il y a trop de postes attribués à la route du petit train (Bozer and Ciernoczkowski, 2013). La réduction du nombre de postes par route multiplie le nombre de passages et permet aussi que le train ne soit pas surchargé et donc reste facilement manœuvrable. Certains secteurs des usines où doivent passer les Milk-runs peuvent être encombrés ou encore présenter des virages serrés. Un train ayant tous ses emplacements pleins aura plus de mal à circuler dans de tels environnements. Limiter la charge à un instant donné inclut aussi des aspects de sécurité et d'ergonomie.

La solution académique de multiplication des routes de tournées à différents véhicules regroupe donc plusieurs enjeux et problématiques. Tous tendent à augmenter la capacité du Milk-run afin de pouvoir approvisionner et évacuer les postes qui le concernent le plus rapidement et régulièrement possible. Le choix des machines attribuées aux routes doit se faire au travers de calculs des besoins en composants mais aussi en prenant en compte l'implantation des machines dans l'atelier. Les routes resteront géographiquement logiques en tenant compte des sens de circulation et des contraintes physiques afin d'optimiser les tournées. Il peut y avoir au moins autant de routes que de véhicules disponibles. Plusieurs véhicules peuvent réaliser la même route si celle-ci est longue mais on peut aussi concevoir une alternance de routes pour un même véhicule à capacité faible afin de réaliser par exemple deux petites routes avant de retourner à la zone de préparation ou au stock, plutôt qu'une longue où il devra passer par tous les postes.

Ces routes doivent elles aussi être revues régulièrement afin de correspondre au moyen de production. Des machines, voire des secteurs, peuvent ne pas produire certains jours, ou au

contraire avoir des pics de production, nécessitant de calquer le système de tournées sur leur besoin.

- La liste des priorités

La littérature évoque aussi un autre moyen d'adapter le système Milk-run à certaines contraintes. Il s'agit de la mise en place d'une liste de priorités et donc d'une adaptation au niveau des processus du Milkrunner.

Cette liste a pour but de fournir un outil à l'utilisateur pour gérer l'urgence et les aléas. Il faut dans un premier temps découper l'activité ou le processus concerné en différentes tâches (Wang et al., 2018). Dans le cas du Milk-run on peut imaginer cette décomposition à l'aide d'éléments tels que : approvisionnement de la matière brute au poste, évacuation produits semi-finis, approvisionnement contenants vides... Ces tâches peuvent ensuite être pondérées selon une priorité fixée par les managers qui peuvent inclure des scénarios ou autres éléments pour compléter cette fiche. Les auteurs de ce premier article sur la liste de priorités expliquent que, en ramenant les différents éléments sur un même tableau, on transforme un problème multi-dimension à une problématique d'optimisation de plusieurs objectifs. Une fois formalisée, cette liste devient un processus à maîtriser par les logisticiens du système Milk-run. Ils pourront ainsi s'y référer pour gérer l'urgence et les priorités.

Cette formalisation de scénarios et d'imagination de problèmes pouvant survenir permet d'étoffer une telle liste de priorités et la rendre cohérente avec la réalité du terrain. Il ne s'agit pas uniquement de choisir si l'approvisionnement du brut est prioritaire sur l'approvisionnement d'un contenant vide. Afin de rendre l'outil véritablement utile et utilisable, les auteurs de l'article suivant s'intéressent à la simulation dans l'élaboration des routes et choix à faire pour le Milk-run (Kluska and Pawlewski, 2018). La simulation semble en effet nécessaire et incontournable pour vérifier l'adéquation entre la théorie et le réel. Tester les différentes boucles Milk-run envisagées, les temps de tournées ou encore le nombre de wagons permet d'aborder les différentes problématiques qui se poseront une fois le système mis en place. L'article tient à faire comprendre au lecteur que malgré toutes ces simulations, certaines données peuvent manquer et créer de l'aléa ou des urgences. Ces zones d'ombres interviendront même avec une méthodologie de développement pointilleuse. C'est à ce niveau là qu'intervient la liste de priorités établie suite à l'analyse de ces scénarios. C'est grâce à cette démarche que le logisticien aura « une liste des tâches à réaliser » à laquelle il pourra

se fier et donc décider quelle tâche réaliser ensuite en fonction de cette liste.

Un tel outil peut avoir de nombreux avantages bien qu'il retire un aspect expérience du logisticien et choix instinctif par ce dernier. Envisager un maximum d'événements du quotidien ou exceptionnels et dresser des scénarios lui permettra cependant de faciliter son travail en lui donnant des moyens de réponses à des imprévus. Par exemple un Milk-run est susceptible de gérer une multitude de fournisseurs et clients, même en termes de logistique interne. En cas d'imprévus, il devient possible grâce à une liste de priorités de raccourcir ou de ne pas effectuer toute la boucle afin d'adapter son circuit au besoin connu, rendant ainsi le flux plus direct (Du et al., 2007). Il peut effectivement prendre l'initiative changer sa prochaine destination en fonction de ce que lui indique sa liste de priorités.

Ce modèle peut même être poussé au point de détailler plusieurs situations du quotidien en fonction de l'activité. Par exemple, il peut présenter un fonctionnement dans le cas d'activité forte, normale ou faible, où les routes seront adaptées en fonction. Dans le cas d'une activité forte dans le secteur du Milk-run, celui-ci peut avoir intérêt à multiplier de plus petites boucles plutôt que de garder une tournée longue standard. Une telle décision serait prise par un membre du management défini, le responsable logistique par exemple afin d'adapter la logistique du secteur au besoin de la production.

- L'utilisation de supermarchés et la réorganisation du stockage

La mise en place de supermarché auprès des postes permet d'éviter les ruptures et de créer un stock restreint sur ligne. Ceci implique un fonctionnement en Kanban, avec des retours de contenants vides qui seront réapprovisionnés pendant que le second contenant sera utilisé. Ces supermarchés fonctionnent particulièrement bien avec des petits contenants pour une manipulation facile et que le supermarché ne prenne pas trop de place dans l'atelier. Le Milk-run se retrouve donc à approvisionner le supermarché et non plus directement les postes (Emde et al., 2012). Le supermarché devient le client du logisticien.

Afin d'améliorer l'approvisionnement interne, les auteurs de l'article (Lolli et al., 2016) détaillent la possibilité de mettre en Kanban les références à faible coût d'inventaire. Si le comptage et le suivi de certaines références sont simples il est en effet possible d'utiliser ces pièces en Kanban, ce qui permet de tirer le flux et d'éviter de surstocker. La pièce sera recommandée ou refabriquée uniquement

selon les cartes Kanban. Dans le cas du Milk-run, les Kanbans sont facilement identifiables si une carte est égale à un contenant. On retrouvera des contenants vides ou pleins et le véhicule de tournée est optimal pour gérer le flux de ces pièces Kanban en ramenant le vide au poste amont ou en approvisionnant les pleins.

La mise en Kanban de certaines pièces nécessite, en plus de l'analyse des coûts, une analyse des low et high runners. Il s'agit de gérer en Kanban des références avec une fréquence d'utilisation relativement soutenue pour ne pas dédier de place spécifique à des pièces peu utilisées. Cette analyse des lows et high runners permet aussi une réorganisation du stockage plus adaptée au système Milk-run. Une fois les pièces utilisées le plus souvent identifiées, il est possible de leur dédier des emplacements stratégiques dans le stock (Media, 2013). Par exemple, ils peuvent être placés près d'une éventuelle zone buffer. De cette manière, on rapproche la référence à forte consommation de l'interface avec le Milk-run pour réduire les distances de manutention.

Ces différents articles mettent l'accent sur la nécessité de faire correspondre le système de stockage à un modèle de Milk-run. Effectivement la performance du système d'approvisionnement dépend de la performance du stockage. C'est finalement l'efficacité et la qualité du modèle de logistique interne qui est affectée.

- Le design des zones d'approvisionnement et de retours aux postes de l'atelier

Une autre solution dont des éléments se retrouvent dans plusieurs articles concerne l'organisation des zones d'approvisionnement et de retours des postes. Ces zones constituent les arrêts du véhicule réalisant les tournées dans l'atelier. Ils placent les contenants pleins approvisionnés dans la zone approvisionnement et évacuent les contenants mis dans la zone retour du poste (Gyulai et al., 2013). Il s'agit donc de proposer des espaces logistiques physiques auprès des postes.

Le premier intérêt de ces zones est la gestion visuelle. Le Milk-run voit, en réalisant sa tournée, si des contenants sont à évacuer puisque ces zones jalonnent son parcours. Pour maintenir une gestion visuelle claire, les zones doivent être dimensionnées en fonction des volumes et des tailles de contenants utilisés à la machine.

Plusieurs articles évoquent des adaptations de ces zones appro/retours classiques. D'abord, dans un atelier où les postes sont proches les uns des autres,

il est possible de mettre en place des zones logistiques regroupant plusieurs machines (van Gils et al., 2018). Un tel regroupement va donc diminuer le nombre de zones et donc le nombre d'arrêts à réaliser par le véhicule de tournée. Cette diminution modifie significativement la gestion des routes et des tournées. En effet la tournée devient plus rapide de part la diminution des temps d'arrêt ce qui augmente le nombre de tournées réalisables et donc la fréquence d'approvisionnement.

La contrainte dans le fait de proposer de telles zones est la distance entre les postes et leurs zones d'approvisionnement et de retour. Dans le cas où les zones concernent plusieurs postes, elles seront plus éloignées des lieux d'utilisation que dans un modèle où les zones sont individuelles et directement au poste. Le Milk-run réalise par exemple un approvisionnement dans une zone qui centralise plusieurs machines au lieu d'effectuer un arrêt à chacune d'entre elle. C'est ensuite à l'opérateur d'amener la marchandise de la zone d'approvisionnement à sa machine.

Dans le cas d'un système de tournée de type Milk-run, les contenants sont placés sur bases roulantes, ce qui facilite la manipulation manuelle. Cet élément peut donc justifier le choix stratégique de centraliser les zones. En effet la dernière manipulation entre la zone logistique et le poste d'utilisation est facilitée pour l'opérateur.

Une fois les zones d'approvisionnement et de retour en place tout au long de la route du véhicule, celles-ci doivent être dimensionnées et étudiées au mieux pour limiter les temps d'arrêts du véhicule. L'effort de picking est censé être réduit, l'objectif d'un Milk-run étant qu'il soit le plus possible en mouvement. Dans un scénario idéal, le véhicule passerait auprès des postes en suivant continuellement sa route et la dépose ou prise de contenant se ferait sans que le conducteur ait à descendre manipuler les contenants. Dans un environnement où les postes d'utilisation de pièces approvisionnées sont proches, le Milk-run aurait des temps de déplacements courts (d'un poste au suivant) et des manipulations nombreuses. En plus de l'épuisement physique que cela provoquerait, un tel système nuirait à la performance globale du système de tournée.

C'est donc dans une telle vision idéale que des auteurs abordent des sujets comme l'automatisation de la prise ou dépose de contenants. La notion d'effort de picking (Kovács, 2011) et ses implications sont expliquées dans l'article de Kovács. La minimisation du temps de cycle des véhicules de tournée passe par la diminution de

l'effort de picking à l'aide de système de prise facilitée par exemple.

De nombreuses possibilités technologiques et ergonomiques aident à améliorer ces critères. Les véhicules automatiques ou des tapis roulants au niveau desquels s'arrêter pour prendre ou déposer un contenant sont certainement au cœur de l'usine de demain. S'il est clair que le temps d'arrêt ne pourra jamais être nul en réalité, des systèmes automatisés facilitent une organisation où le temps d'arrêt est négligeable comparé au temps de déplacement du véhicule (Emde and Gendreau, 2017).

Au-delà des améliorations technologiques et d'une automatisation du Milk-run, l'amélioration du ratio temps d'arrêt / temps de déplacement passe aussi par des adaptations de processus. Cordeau étudie le Milk-run externe qui passe chez plusieurs clients et livre plusieurs dépôts (Cordeau et al., 2007). La route théorique initiale des véhicules est à modifier en fonction des clients absents. Une fois ceux-ci identifiés, la tournée suivante peut suivre la route classique en évitant les absents et en passant directement au prochain arrêt. Cette logique est encore plus parlante en logistique interne dans le cas d'une usine à la production irrégulière et des machines qui ne travaillent pas toutes en même temps. Une communication entre les managers et le Milk-runner, combinée avec la gestion visuelle permise par les zones d'approvisionnement et de retours, permettra à ce dernier d'éviter les temps d'arrêt aux postes qui ne travaillent pas ou n'ont pas de besoin sur une période donnée.

Tous ces éléments de solutions concernant les jalons de la tournée du Milk-run ou tout autre véhicule de tournée visent deux objectifs principaux : la réduction du temps d'arrêt au profit du temps de déplacement et l'indépendance du conducteur grâce à une gestion visuelle claire. C'est la réalisation de tels objectifs qui permet à la logistique de soutenir un système de production soutenue.

2.4 Conclusion

Pour conclure ce chapitre, nous avons présenté différentes solutions théoriques provenant de la littérature scientifique. Toutes répondent à la problématique d'adaptation du système Milk-run aux contraintes d'un secteur. A présent, ces solutions doivent être étudiées par rapport au cas pratique de Gaggenau Industrie.

CHAPITRE 3 : EVALUATION DES SOLUTIONS

3.1 Introduction

Le but de ce chapitre est d'étudier les solutions trouvées dans les articles scientifiques sélectionnés. Il s'agit d'étudier si ces solutions sont applicables au site de Lipsheim. Nous allons donc comparer les problèmes particuliers de l'entreprise à ceux exposés dans la littérature puis s'intéresser à l'applicabilité des solutions avant de se demander si les problèmes ont été résolus par ces solutions. Enfin, nous exposerons les limites et les perspectives de ce mémoire.

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

Cette partie se doit de présenter les principaux problèmes de l'entreprise Gaggenau à adapter son système Milk-run aux spécificités du secteur préfabrication. Ces problèmes se retrouvent dans une multitude d'articles de la littérature scientifique car ce sont des problèmes récurrents dans les entreprises.

Le système Milk-run est un système d'approvisionnement bien connu. La théorie de ce système est amplement documentée. Divers auteurs ont étudié et travaillé sur l'optimisation d'un tel fonctionnement et de ses avantages en comparaison à d'autres modes d'approvisionnement. (Meyer and Amberg, 2018). La littérature fournit aussi des adaptations du modèle théorique afin de répondre à diverses contraintes pratiques dans les entreprises. On retrouve donc des articles proposant des solutions aux problèmes et difficultés rencontrés en entreprise et notamment le cas pratique de Gaggenau Industrie.

Les spécificités du secteur préfabrication sont à l'origine des problèmes subis par l'entreprise pour adapter son système Milk-run. Le fait que de nombreux flux soient concentrés au niveau de la gare de pointage en est un. On trouve cependant des articles concevant des systèmes Milk-run avec des tournées irrégulières ou avec des pics de marchandises à prélever ou livrer.

L'intégration d'un système Milk-run dans un secteur où certaines machines sont contraintes par des plans de production à heures précises pose aussi des difficultés à l'entreprise. En effet le tunnel de dégraissage devient prioritaire et nécessite beaucoup de ressources pour être approvisionné en temps et en heures selon un plan de production relativement instable. De tels problèmes sont eux aussi cités dans la littérature. Les auteurs répondent par exemple à ce type de spécificités en ajoutant des contraintes horaires aux tournées.

Cependant les problèmes ou difficultés de Gaggenau ne se retrouvent pas toujours directement dans la littérature. Les spécificités de l'entreprise pouvant être particulièrement précises ou uniques, on ne retrouve pas de modèles strictement identiques concernant certains sujets. La littérature répond tout de même à ce type de problèmes lorsque l'on s'intéresse aux systèmes de tournée de manière plus large et notamment les Milk-runs externes. En effet divers éléments de ce mode de transport entre fournisseurs et clients sont transposables en logistique interne. En tant qu'exemple, Gaggenau a besoin d'un système d'approvisionnement qui s'adapte à une production irrégulière. Toutes les machines ne tournent pas constamment en même temps ce qui rend difficile la simulation et formalisation de route Milk-run. Ce sujet est en revanche bien documenté en Milk-run externe, avec une adaptation des routes selon la présence ou non de certains fournisseurs et clients. C'est donc en ce sens que les problèmes particuliers de l'entreprise se retrouvent dans la littérature, parfois indirectement.

3.3 Les problèmes particuliers cités dans la littérature scientifique sont-ils cités dans l'entreprise ?

Inversement à la question précédente, les problèmes particuliers cités dans la littérature ne sont pas tous cités dans l'entreprise.

La distinction entre les problèmes présents effectivement en entreprise et ceux qui ne le sont pas provient de la multitude de types de Milk-run ou plus largement, de système de tournées. En effet on retrouve deux catégories principales qui sont les Milk-runs internes et externes. Les premiers relèvent avant tout de la logistique interne quand les seconds portent plutôt sur le transport entre une multitude de fournisseurs et de clients.

Pour la catégorie interne, les problèmes cités se retrouvent également en entreprise. Effectivement, les industries souhaitant mettre en place un système d'approvisionnement en tournée se confrontent généralement aux mêmes problématiques ou questionnements. Chaque entreprise présente des spécificités et va donc devoir adapter son système de Milk-run à ces contraintes précises. Le modèle théorique se voit toujours être adapté à la réalité de l'entreprise, c'est pourquoi les problèmes d'adaptation de Milk-run cités dans les articles scientifiques se retrouvent aussi en entreprise. Le besoin de simulation de routes, la prise en compte des volumes nécessaires à chaque point de chargement et déchargement ou encore l'adaptation

des routes aux contraintes physiques sont des sujets présents en entreprise et notamment dans le cas pratique de Gaggenau.

Pour ce qui est des problèmes particuliers des Milk-run externes, ils ne se retrouvent pas systématiquement dans l'entreprise. Certains s'approchent des contraintes internes et peuvent s'y apparenter comme vu précédemment. La plupart des problèmes cités se retrouveront dans les entreprises travaillant avec des systèmes de tournées externes, ce qui n'est pas le cas de Gaggenau Industrie. Ces articles permettent plutôt d'apporter des éléments de solutions aux problèmes internes grâce à l'étude du fonctionnement des systèmes externes.

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

Le chapitre deux nous a amené à proposer et étudier plusieurs solutions pour adapter le Milk-run aux spécificités et contraintes d'une entreprise. Il s'agit à présent de s'intéresser à la pertinence de ces solutions vis-à-vis de la problématique du chapitre un.

Nous allons donc reprendre chacune de ces solutions et étudier leur applicabilité au cas de l'entreprise.

- La mise en place d'une zone buffer

La première solution présentée était celle de la zone buffer en tant qu'interface entre le magasin de stockage et les points d'utilisation de la marchandise.

Pour rappel dans le secteur préfabrication les pièces sont stockées dans le Hall Global et certaines dans le Hall28 (voir figure 1). Les machines, lieux d'utilisation de ces pièces, sont situées dans les Hall 28 et 27. Le petit train ne peut pas passer du Hall Global au Hall 28 mais les chariots élévateurs le peuvent. Aussi les pièces sont stockées en hauteur dans les deux zones ce qui ne permet pas directement à un petit train de les prélever. Il est nécessaire qu'un chariot élévateur cherche la marchandise et la place sur une plateforme roulante pour qu'ensuite le train puisse l'attacher et l'acheminer jusqu'à la machine cliente.

Une zone buffer est donc non seulement envisageable mais nécessaire et un espace pouvant jouer le rôle de cette interface existe aujourd'hui. Il se situe à l'entrée du Hall 28, côté Hall Global, comme montré sur la figure suivante :

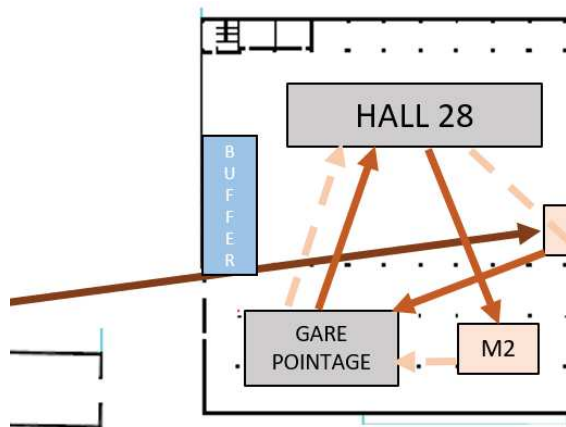


Figure 4 : Source initiale « Plan usine Gaggenau 2018 » Base de données Gaggenau

Cette zone serait située au plus près des racks du Hall 28 et de la sortie menant au Hall Global. Elle réduirait donc les distances à parcourir pour les caristes et peut être intégrée dans une route Milk-run de part sa position stratégique et les points d'intérêt autour de celle-ci. De plus, cet endroit ne présente pas de contrainte physique majeure ce qui permet de dimensionner la zone pour intégrer un stock de bases roulantes et des emplacements prévus pour les contenants vides.

Pour le secteur préfabrication de Gaggenau, le buffer jouerait son rôle d'interface entre caristes et Milk-run. Les tâches de recherche de pièces et d'approvisionnement ou évacuation des machines seraient donc divisées entre ces deux acteurs permettant au petit train de réaliser un maximum de tournées. De plus, le fait de mettre les pièces sur une base roulante permet qu'une fois approvisionnées à une machine, l'opérateur puisse manipuler le contenant manuellement et facilement et donc gérer sa zone au mieux.

La gestion visuelle étant déjà au centre du fonctionnement du secteur préfabrication, une zone buffer importante s'intégrerait judicieusement dans l'environnement de travail. Elle tendrait également à formaliser certaines connaissances informelles, uniquement présentes au travers de l'expérience des acteurs logistiques. En effet les pièces nécessaires aux machines, les urgences, les retours ou encore le besoin en contenants vides seraient clairement identifiés.

- L'ajout de contraintes horaires

La seconde solution proposée par la littérature porte sur les contraintes horaires afin de réguler les

tournées Milk-runs et contrôler l'approvisionnement et l'évacuation des machines.

Dans le cas de Gaggenau, il semble difficile d'appliquer des contraintes horaires d'approvisionnement à la totalité des machines. La production en préfabrication est irrégulière. Une même machine peut avoir des temps de cycle totalement opposés selon la pièce produite et les journées diffèrent complètement. Ainsi l'approvisionnement des machines ou l'évacuation des produits finis de celles-ci sont irréguliers aussi. Les contraintes horaires devraient donc être revues quotidiennement pour s'adapter à la production de la journée.

Cependant une partie bien spécifique du secteur bénéficierait bien mieux de ce système de contraintes horaires, il s'agit du tunnel de dégraissage. En effet cette machine suit un plan de production précis et plus régulier que les autres machines. Aujourd'hui déjà les caristes ont une information horaire quant à la nécessité d'approvisionner les pièces correspondant aux ordres de passage. Le tunnel devant monter en température, les pièces de type « basse température » passent en début de journée suivies d'autres types de pièces. La formalisation de cet approvisionnement et la mise en place de contraintes horaires prendrait donc ici tout son sens pour cette boucle spécifique.

L'entreprise peut donc avoir des contraintes plus précises pour le tunnel de dégraissage qui représente un volume important des pièces du secteur. Même si les autres machines s'adaptent moins bien au système horaire, des contraintes plus globales peuvent être mises en place et surtout calculées afin de simuler et dimensionner les routes du Milk-run. L'entreprise peut par exemple choisir de faire des routes permettant aux machines d'avoir au moins un passage du Milk-run toutes les 30 minutes et réaliser des simulations en fonction de cette contrainte, sans qu'elle ne soit forcément appliquée en réalité. Pour ces machines la contrainte horaire devient un élément clé du design des routes dans l'atelier et des choix de véhicule plutôt qu'un système de contrôle de la réalité des approvisionnements.

- La création de plusieurs routes Milk-run

La solution visant à multiplier les routes Milk-run afin de réduire la taille de chacune individuellement semble particulièrement adaptée à la situation de Gaggenau. La réduction de la taille de la route permet au Milk-run de réaliser son circuit plus

rapidement et donc augmenter la fréquence des approvisionnements et évacuations de pièces.

Le secteur préfabrication est divisé sur plusieurs bâtiments distincts (Hall Global, Hall 28 + 27, et bâtiment Presses+Tunnel). Au moins deux routes Milk-run distinctes sont nécessaires puisqu'un petit train ne peut pas rouler dans l'espace extérieur qui est entre les bâtiments. Une première route reliera donc le Hall Global au bâtiment Presses + Tunnel puisqu'ici le train peut circuler. Il y a des passages prévus aujourd'hui entre ces deux bâtiments qui sont quasiment adjacents. Ces passages étant présents à l'avant et à l'arrière du bâtiment avec les machines, une route de tournée est facilement imaginable : le train récupérerait ses pièces à approvisionner dans le Hall Global dans une zone buffer, passerait par la porte arrière du bâtiment tunnel et Presses, approvisionnerait les machines en traversant le bâtiment dans la longueur puis reviendrait au Hall Global par l'autre entrée.

La seconde route serait celle dans les Hall 28 et 27 où se trouvent de nombreuses machines de préfabrication. La route doit passer par la zone buffer détaillée dans la première solution, passer par la gare de pointage qui représente un nombre très conséquent de flux puis relier les différentes machines. Cette route peut elle-même être remplacée par plusieurs petites routes afin d'augmenter la fréquence des passages aux points d'intérêt. Aussi différentes routes peuvent être prévues afin de répondre aux différents modèles de production qui varient d'un jour à l'autre en fonction des machines utilisées ou non. Cette solution présentée dans la littérature correspond bien à la réalité de Gaggenau et est cohérente avec l'organisation du secteur concerné.

- La liste des priorités

Définir une liste de priorités afin de choisir quelle machine est à approvisionner ou évacuer en premier dans les cas où la charge du Milk-run s'apprête à dépasser sa capacité peut servir dans le secteur préfabrication à condition qu'elle s'adapte elle aussi à l'activité quotidienne. Si l'on considère la multiplication des routes et que le tunnel de dégraissage est géré dans la première boucle, il ne passe plus prioritaire devant les autres machines des Halls 28 et 27. Il sera déjà maîtrisé avec les contraintes horaires. Il s'agira donc de prioriser les postes qui sont dans l'autre boucle qui concerne les Halls 28 et 27.

Cette liste pourrait donc être une alternative aux contraintes horaires dans ces deux zones du secteur

préfabrication. Encore une fois, elle doit rester évolutive car une même machine ne sera pas toujours prioritaire selon les jours. Par exemple une machine ayant du retard ou devant reproduire un OF suite à des rebuts sur ligne de production passera prioritaire afin de réalimenter rapidement la ligne de production avec les pièces refaites.

Une telle liste est un moyen efficace de rédiger aussi des processus qui aujourd'hui sont informels et uniquement gérés par l'expérience des caristes. La complexité intrinsèque du secteur fait qu'un nouvel arrivant a besoin de se référer à un document ou un standard. Cette liste contribue donc à cela.

- L'utilisation de supermarchés et la réorganisation du stockage

Cette solution est celle qui est le moins applicable au secteur préfabrication de Gaggenau Industrie. Les postes utilisent déjà le peu d'espace qu'ils ont autour de la machine pour stocker des contenants vides à forte utilisation ou encore les références high-runners de leur machine. Ils n'ont cependant pas la place pour créer un réel supermarché, avec des emplacements pour chaque article utilisé au poste. C'est aussi pour cela que l'utilisation de bases roulantes est primordiale dans le secteur afin que les opérateurs puissent déplacer les contenant au sein de leur zone et l'organiser.

De plus la grande taille des pièces et des contenants utilisés empêche la mise en supermarché comme on pourrait trouver sur les lignes de production où les supermarchés accueillent des pièces qui sont dans des bacs. Aussi le fonctionnement en Kanban impliqué par l'utilisation des supermarchés n'est pas réalisable. Seule une faible quantité de pièces sont en Kanban au niveau des presses et la production est plutôt poussée dans ce secteur. Les pièces produites à une machine ne sont pas toujours utilisées directement à la machine suivante.

Cette solution n'est donc pas cohérente avec le fonctionnement actuel du secteur. Il ne permet pas d'adapter le Milk-run aux spécificités de celui-ci. Elle viserait plutôt à modifier le fonctionnement complet du secteur tant au niveau de la production que de la logistique ce qui n'est pas dans le champ de ce mémoire.

- Le design des zones d'approvisionnement et de retours aux postes de l'atelier

Avant de concevoir des zones d'approvisionnement et de retours au niveau des postes, il s'agit de savoir ce qui sera placé à l'intérieur de ces zones. Il faut

donc choisir quel type de Milk-run sera utilisé et plus particulièrement ce que va transporter et déposer le Milk-run. Le tableau suivant est issue de la littérature scientifique (Keuntje et al., 2017). Il présente les formes les plus courantes de Milk-run :

Table 1. Exemplary representation of technical implementations of tugger train concepts (c.f. [4]).

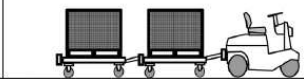

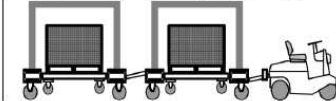

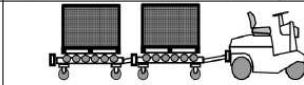

Concept name	Schematic representation (specific technical implementation)	Element used for production supply of the load carrier
Trailer concept		 Trailer itself
Taxi concept		 Additional trolley
Roller conveyor concept		 Permanently installed roller conveyor

Figure 5 : Les différents concepts de petits trains, Source : Considering Ergonomics in the Planning of Tugger Train Systems for Production Supply

Le premier concept déplace des chariots qui s'attachent les uns aux autres, le véhicule n'a donc pas de structure autre que la succession de chariot. Le second présente une structure dans laquelle on place des contenants sur bases roulantes qui s'accrochent dans cette structure. Il y a donc un nombre d'emplacements précis. Le troisième fonctionne avec des convoyeurs ce qui nécessite des plateformes aux postes pouvant accueillir et utiliser ces convoyeurs.

Le modèle le plus adapté au secteur est donc le second. Bien qu'il présente l'inconvénient d'avoir un nombre limité d'emplacements (le premier pourrait avoir un nombre illimité de chariot reliés les uns aux autres, la seule contrainte devenant la maniabilité). Il a cependant l'avantage de la manipulation facile et rapide, le Milkrunner doit simplement placer le contenant mis au préalable sur base roulante dans les emplacements grâce à un système de loquet. Ce système facilite la prise et la dépose régulières de contenants tout au long de la journée de travail et permet d'augmenter le temps de déplacement du train et limiter les temps d'arrêt.

Les zones d'approvisionnement et de retours doivent donc être prévues pour recevoir des contenants mis sur bases roulantes et non pas des chariots ou des pièces sur convoyeur. La solution de mettre en place de telles zones au niveau des postes est cohérente avec le cas pratique à condition de regrouper plusieurs machines dans la même zone. En effet les machines sont proches les unes des autres et il existe des îlots de machines. La réalisation de zones regroupant plusieurs machines permet donc de

limiter le nombre d'arrêts du petit train. Aussi, il existe déjà aujourd'hui des zones d'approvisionnement et de retours informelles, en face de certaines machines. La définition claire de ces zones permet une meilleure gestion visuelle et jalonne la tournée du Milk-run.

Le regroupement de machines dans des zones d'approvisionnement rend aussi le modèle plus flexible face aux variations de la production. En effet le conducteur aura un nombre limité de zone auxquelles passer plutôt qu'une multitude de zones qui ne seraient pas toutes utilisées. Le choix du deuxième concept permet aussi que, dans une zone regroupant plusieurs machines, l'opérateur puisse trouver et manipuler facilement la référence qui le concerne au moment de produire la pièce.

Ainsi cette solution se prête très bien aux spécificités du secteur préfabrication. Elle contribue aussi à la performance du système en permettant au Milk-run de réduire son temps d'arrêt au profit du temps de déplacement et de la fréquence de tournée.

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

La littérature propose certainement des solutions non-citées pour répondre au problème particulier de l'entreprise. Il est difficile de réunir toutes les solutions existantes sur un sujet tel que le système d'approvisionnement en tournée. Cependant la sélection de solutions proposées dans ce mémoire est particulièrement adaptée à la situation de Gaggenau Industrie. Même si l'une d'entre elle n'est pas applicable à la lettre (l'utilisation de supermarché et la réorganisation du stockage), une mise en place des autres solutions évoquées devrait pouvoir permettre à l'entreprise d'adapter son système Milk-run aux spécificités du secteur préfabrication.

Effectivement, l'installation d'une zone buffer est tant possible physiquement que nécessaire. L'ajout de contraintes horaires et d'une liste de priorités devrait assurer le flux d'informations dans le secteur et la performance des approvisionnements et évacuations, mesurable par le taux de service et les temps d'arrêts du véhicule. Enfin l'établissement de plusieurs routes Milk-run et de zones d'approvisionnements et de retours adaptées à la production et aux contraintes physiques du secteur cadrera le système de tournées qui remplacera le modèle présent aujourd'hui dans le secteur.

3.6 Les Limites et Perspectives du mémoire

3.6.1 Les Limites

Dans cette partie, nous déterminerons les limites du mémoire, c'est-à-dire les éléments qui pourraient faire évoluer les solutions qui ont présentées dans le chapitre deux.

La première limite est qu'il fut impossible d'étudier la littérature dans son intégralité pour trouver les solutions du chapitre deux. En effet, le nombre d'articles traitant des moyens d'adapter le Milk-run à un cas concret est trop important pour pouvoir être sûr de couvrir toutes les solutions. Le mémoire ne se veut donc pas plus exhaustif que les solutions qu'ils proposent, ayant elles-mêmes été sélectionnées parmi un nombre conséquent d'éléments de réponse de la littérature scientifique à notre problématique.

Ensuite, les solutions qui ont été retenues ont été jugées cohérentes par rapport au cas Gaggenau. Le mémoire ne va cependant pas jusqu'à attribuer des valeurs aux paramètres qui seront modifiés ou implantés dans l'atelier. Pour être mises en place, les solutions doivent donc être simulées avec différentes valeurs (Wang et al., 2014). Par exemple, les contraintes horaires ou encore le nombre de routes Milk-run doivent être définies et testées. Le mémoire n'a pas pu aller jusqu'à déterminer ces valeurs de paramètres puisque la plupart des solutions doivent être réajustées régulièrement pour correspondre à la réalité de la production dans le secteur. Cette impossibilité découle de la forte variabilité du secteur préfabrication expliquée dans le premier chapitre. Ces simulations permettront de faire ressortir plusieurs modèles logistiques qui pourront être appliqués en adéquation avec la production.

Enfin une autre limite est que le mémoire se restreint aux modèles d'approvisionnement en tournée. Il existe cependant d'autres modes d'approvisionnement comme la préparation ou les transferts par chariots élévateurs (Hanson and Brolin, 2013). Cette restriction vient de la volonté de la direction à implanter un système d'approvisionnement de type Milk-run dans une logique de standardisation des approvisionnements dans toute l'usine et de polyvalence des logisticiens.

3.6.2 Les Perspectives

Nous allons maintenant considérer les perspectives du mémoire, c'est-à-dire les éléments qui pourraient faire évoluer les points précédents dans d'éventuelles études futures.

La première perspective consiste à trouver d'autres solutions dans la littérature et tester ensuite leur cohérence avec le cas concret de l'entreprise. Effectivement, d'autres éléments pourraient répondre à la problématique posée, tout en restant dans des modèles d'approvisionnement de type Milk-run. Les nouvelles technologies en termes de transport et de logistique seront en mesure, dans les prochaines années, d'apporter de nouvelles solutions techniques pour rendre un modèle logistique plus flexible ainsi qu'un contrôle facilité sur la performance de ce système (Sumalee and Ho, 2018). Les articles les plus récents de la littérature commencent à apporter des solutions d'adaptation du Milk-run aux spécificités d'un secteur mais restent plus dans les domaines du possible et des perspectives que dans l'application concrète. C'est pour cela que la perspective première du mémoire serait de réitérer l'étude dans quelques années afin de proposer de nouvelles solutions, modernes et connectées, à une problématique similaire à celle de ce mémoire.

La seconde perspective majeure serait d'accepter d'étudier les autres modèles logistiques pour ensuite les comparer et choisir le plus adapté. Cette perspective partirait donc d'une étude similaire à celle réalisée dans ce mémoire mais ne répondrait plus à la même problématique. Il s'agirait en effet d'un choix entre différents modèles, plutôt que de l'adaptation d'un modèle aux spécificités du secteur. Cependant, comparer différents modes d'approvisionnement et d'évacuation pourrait aboutir sur la conclusion qu'un mode différent du Milk-run pourrait être plus adapté aux contraintes actuelles du secteur. Cette comparaison nécessiterait des simulations et un chiffrage des performances des différents modèles grâce à des indicateurs choisis comme définissant la performance du modèle.

3.7 Conclusion

Le chapitre trois a consisté en l'évaluation des solutions proposées dans le chapitre deux. Il a montré que la problématique était couverte par la littérature scientifique au travers de l'étude de la cohérence entre les articles et le cas concret en entreprise. Toutefois, des éléments pourraient être approfondis, notamment en élargissant le champ de recherche à d'autres types de solutions et d'autres modèles logistiques. Le mémoire laisse donc place à des perspectives d'approfondissement et de comparaison afin de servir encore plus Gaggenau Industrie.

CONCLUSION

L'objectif du mémoire est de répondre à la problématique posée : **Comment adapter le système de Milk-run aux contraintes présentes dans le secteur préfabrication ?**

Dans le premier chapitre nous avons présenté la problématique de l'entreprise et décrit le secteur concerné de l'usine de Lipsheim : la préfabrication. Nous avons donc détaillé les utilisateurs et l'environnement afin de comprendre l'organisation du secteur concerné par la problématique. Ensuite nous avons présenté le besoin de mettre en place un système d'approvisionnement de type Milk-run et nous en avons expliqué les enjeux. Un tel système s'inscrit dans une logique de standardisation des modèles logistiques dans l'usine et une volonté de polyvalence des logisticiens. Il veut aussi réduire le besoin d'expérience des acteurs du secteur pour formaliser les processus et mettre en place des projets d'amélioration continue.

Même si des Milk-runs existent déjà dans d'autres secteurs de l'usine de Lipsheim, les spécificités de la préfabrication empêchent une reproduction à l'identique de ces modèles. Elles constituent donc le problème empêchant la réalisation immédiate du besoin et sont à l'origine de la problématique d'adaptation du Milk-run à ces spécificités.

Le chapitre deux consistait ensuite en la recherche dans la littérature scientifique de solutions à la problématique posée. À l'aide du matériel disponible et de la méthode appliquée, différentes solutions ont été trouvées. Plusieurs solutions permettent d'adapter un système Milk-run à des contraintes réelles d'un secteur. C'est ainsi que la mise en place d'une zone buffer, l'ajout de contraintes horaires, la multiplication des routes Milk-runs ou encore la création de zones d'approvisionnement et de retours adaptées ont été présentées.

Dans le chapitre trois, nous avons rapporté ces solutions théoriques à la réalité du cas pratique. Nous avons donc pu évaluer la cohérence des solutions proposées avec la réalité de l'usine de Lipsheim. C'est notamment là que nous avons pu exclure une solution concernant l'utilisation de supermarché et la mise en Kanban de références et à l'inverse, confirmer l'applicabilité des autres solutions du chapitre deux. L'évaluation des solutions a aussi montré qu'elles étaient complémentaires et qu'ensemble elles pouvaient permettre d'adapter le Milk-run au secteur qui nous intéresse. Finalement nous avons pris du recul pour établir d'une part les limites de l'étude mais aussi les perspectives de

développement et d'approfondissement du mémoire au travers d'études futures supplémentaires.

Pour finir, le recours à la littérature scientifique a véritablement permis de déboucher sur des solutions concrètes et applicables au cas pratique de l'entreprise Gaggenau Industrie. L'étude de ces solutions est cependant restée théorique. Si l'entreprise décide d'opter pour une ou plusieurs solutions proposées, il faudra ajouter à l'étude le coût financier ainsi que le calcul de la ressource nécessaire à la mise en place physique de ces solutions. En effet, de tels changements dans le secteur peuvent aboutir sur une refonte complète de la préfabrication de l'usine de Lipsheim. Ceci se traduirait donc par des investissements en temps et en argent qui sont à mettre en relation avec le gain espéré pour finaliser l'étude de faisabilité et les choix stratégiques de l'entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

Alnahhal, M., Ridwan, A., and Noche, B. (2014). In-plant milk run decision problems. In 2014 International Conference on Logistics Operations Management, (Rabat, Morocco: IEEE), pp. 85–92.

Bozer, Y.A., and Ciernoczolowski, D.D. (2013). Performance evaluation of small-batch container delivery systems used in lean manufacturing – Part 1: system stability and distribution of container starts. *International Journal of Production Research* 51, 555–567.

Brar, G.S., and Saini, G. (2011). Milk Run Logistics: Literature Review and Directions. 5.

Cordeau, J.-F., Laporte, G., Savelsbergh, M.W.P., and Vigo, D. (2007). Chapter 6 Vehicle Routing. In *Handbooks in Operations Research and Management Science*, (Elsevier), pp. 367–428.

Du, T., Wang, F.K., and Lu, P.-Y. (2007). A real-time vehicle-dispatching system for consolidating milk runs. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43, 565–577.

Emde, S., and Boysen, N. (2011). Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research*.

- Emde, S., and Gendreau, M. (2017). Scheduling in-house transport vehicles to feed parts to automotive assembly lines. *European Journal of Operational Research* 260, 255–267.
- Emde, S., Flidner, M., and Boysen, N. (2012). Optimally loading tow trains for just-in-time supply of mixed-model assembly lines. *IIE Transactions* 44, 121–135.
- van Gils, T., Ramaekers, K., Braekers, K., Depaire, B., and Caris, A. (2018). Increasing order picking efficiency by integrating storage, batching, zone picking, and routing policy decisions. *International Journal of Production Economics* 197, 243–261.
- Golz, J., Gujjula, R., Günther, H.-O., Rinderer, S., and Ziegler, M. (2012). Part feeding at high-variant mixed-model assembly lines. *Flex Serv Manuf J* 24, 119–141.
- Grazia Speranza, M. (2018). Trends in transportation and logistics. *European Journal of Operational Research* 264, 830–836.
- Gümüs, M., and Bookbinder, J.H. (2004). Cross-Docking and Its Implications in Location-Distribution Systems. *Journal of Business Logistics* 25, 199–228.
- Güner, A.R., Murat, A., and Chinnam, R.B. (2017). Dynamic routing for milk-run tours with time windows in stochastic time-dependent networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 97, 251–267.
- Gyulai, D., Pfeiffer, A., Sobottka, T., and Vánca, J. (2013). Milkrun Vehicle Routing Approach for Shop-floor Logistics. *Procedia CIRP* 7, 127–132.
- Hanson, R., and Brolin, A. (2013). A comparison of kitting and continuous supply in in-plant materials supply. *International Journal of Production Research* 51, 979–992.
- Keuntje, C., Kelterborn, M., and Günthner, W.A. (2017). Considering Ergonomics in the Planning of Tugger Train Systems for Production Supply. *MATEC Web of Conferences* 95, 11005.
- Klenk, E., Galka, S., and Günthner, W.A. (2015). Operating Strategies for In-Plant Milk-Run Systems. *IFAC-PapersOnLine* 48, 1882–1887.
- Kluska, K., and Pawlewski, P. (2018). The use of simulation in the design of Milk-Run intralogistics systems. *IFAC-PapersOnLine* 51, 1428–1433.
- Kovács, A. (2011). Optimizing the storage assignment in a warehouse served by milkrun logistics. *International Journal of Production Economics* 133, 312–318.
- Lolli, F., Gamberini, R., Giberti, C., Rimini, B., and Bondi, F. (2016). A simulative approach for evaluating alternative feeding scenarios in a kanban system. *International Journal of Production Research* 54, 4228–4239.
- Media, P. (2013). Smart storage and retrieval replaces brawn with brains. *Modern Materials Handling* 68, 29–30.
- Meyer, A., and Amberg, B. (2018). Transport concept selection considering supplier milk runs – An integrated model and a case study from the automotive industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 113, 147–169.
- Nemoto, T., Hayashi, K., and Hashimoto, M. (2010). Milk-run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2, 5980–5989.
- Patel, D., Patel, D.M.B., and Vadher, D.J.A. (2014). Implementation of milk run material supply system in vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 3, 3.
- Savelsbergh, M.W.P. (1992). The Vehicle Routing Problem with Time Windows: Minimizing Route Duration. *ORSA Journal on Computing* 4, 146.
- Staab, T., Klenk, E., Galka, S., and Günthner, W.A. (2016). Efficiency in in-plant milk-run systems—The influence of routing strategies

on system utilization and process stability.
Journal of Simulation 10, 137–143.

Sumalee, A., and Ho, H.W. (2018). Smarter and more connected: Future intelligent transportation system. *IATSS Research* 42, 67–71.

Urru, A., Bonini, M., and Echelmeyer, W. (2018). Planning and dimensioning of a milk-run transportation system considering the actual line consumption. *IFAC-PapersOnLine* 51, 404–409.

Wang, C., Guan, Z., Shao, X., and Ullah, S. (2014). Simulation-based optimisation of logistics distribution system for an assembly line with path constraints. *International Journal of Production Research* 52, 3538–3551.

Wang, H., Xu, R., Zijie, X., Zhou, X., Wang, Q., Duan, Q., and Bu, X. (2018). Research on the Optimized Dispatch and Transportation Scheme for Emergency Logistics. *Procedia Computer Science* 129, 208–214.

REMERCIEMENTS

Je tiens d’abord à remercier mon tuteur mémoire, M. Marc Barth pour sa disponibilité et ses conseils au long de l’année qui aura su m’aiguiller et me faire travailler dans la bonne direction.

Je remercie également M. David Damant pour ses conseils lors des soutenances intermédiaires et l’intérêt qu’il a porté à mon travail.

Ensuite je remercie mon tuteur en entreprise, M. Patrick Sur, chef de projet Supply Chain pour ces trois années passées sous sa tutelle et sa transmission de connaissances et compétences. De même je le remercie pour son soutien et son implication dans mon mémoire. Je remercie tout particulièrement mes collègues directs tant pour le travail quotidien que l’on réalise ensemble que pour leur soutien durant l’année vis-à-vis du mémoire à réaliser.

Enfin je suis très reconnaissant de tous mes proches ayant apporté de l’intérêt à mon mémoire et du soutien personnel tout au long de la rédaction de celui-ci.