

Dédicaces

Au Dieu Tout Puissant,

Qui m'a accordé santé, force et courage pendant ces années d'études.

A ma Très Chère Maman,

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A toute ma famille,

Jamais un jour ne passent sans que je remercie Dieu de les avoir toujours à mes côtés, partageant mes plaisirs et mes peines.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime,

Je dédie ce modeste travail.



Remerciements

Avant d'entamer tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer avec des remerciements sincères aux personnes qui ont eu la gentillesse de participer de près ou de loin à cet effet.

Je profite de cette occasion pour remercier infiniment Monsieur le Professeur El Barkany Abdellah, mon encadrant à la FST, pour les conseils qui m'a prodigué, pour son encadrement clairvoyant et pour son assistance dans toutes les étapes de rédaction de ce rapport.

Je tiens à remercier tout le corps professoral de la Faculté des Sciences et Techniques de FES pour les efforts déployés pour faire une formation aussi complète qu'enrichissante.

Mes vifs remerciements s'adressent à Monsieur Benfeddoul Abdelhak d'avoir m'accordé l'opportunité d'effectuer mon projet de fin d'études au sein de YAZAKI Meknès.

Mes remerciements les plus sincères vont en particulier à mes deux parrains de stage, Monsieur Benfeddoul Abdelhak et Monsieur Khomsi Jamal Eddine ainsi que toute l'équipe du service approvisionnement pour le partage généreux de leurs connaissances et pour avoir fait preuve d'une disponibilité et d'une aide inestimable.

Enfin je tiens à remercier également tout le personnel de la société YAZAKI Meknès et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir ce travail.

Résumé

Cet ouvrage est projet de fin d'études effectué à YAZAKI Morocco Meknès et présenté en vue d'obtenir le diplôme de master en génie mécanique et productique à la faculté des sciences et technique Fès. Le projet s'inscrit dans la démarche Lean Manufacturing qui vise à réaliser des améliorations continues et éliminer toute sorte de gaspillage et irrégularité qui engendre des pertes pour l'entreprise.

Ce travail a pour objectif l'amélioration du flux de distribution de la matière première (MP) du supermarché (magasin de la MP) aux chaînes d'assemblage du projet X10, et le contrôle des encours (WIP) dans les postes de celles-ci.

L'étude de ce projet adopte la démarche DMAIC en commençant par l'analyse de l'état des lieux et la collecte des données nécessaires. Ensuite, Ces données seront mesurées et analysées afin de déceler les sources principales de gaspillage et des anomalies identifiées pour dégager les problèmes majeurs.

Cette analyse conduit par conséquent à la proposition d'un ensemble d'actions d'amélioration et d'optimisation au niveau du processus de distribution à savoir : le redimensionnement du chariot, la standardisation du travail des distributeurs et la conception des glissières, ensuite une étude sur un chariot automatisé AGV, et finalement l'étude de la mise en place de la technologie RFID pour la traçabilité de la MP et la réduction des encours

Abstract

This book is a graduation project carried out at YAZAKI Morocco Meknes and presented with a view to obtaining the Master's degree in Mechanical and Production Engineering at the Faculty of Science and Technology Fez. The project is part of the Lean Manufacturing approach, which aims to achieve continuous improvements and eliminate any kind of waste and irregularity that causes losses for the company.

This work aims to improve the distribution flow of raw material (MP) from the supermarket (MP) to assembly lines of the X10 project, and the control of work in progress (WIP) in the positions of these companies. this.

The study of this project adopts the DMAIC approach, starting with the analysis of the inventory of fixtures and the collection of the necessary data. Then, these data will be measured and analyzed to identify the main sources of waste and anomalies identified to identify major problems.

This analysis therefore leads to the proposal of a set of actions for improvement and optimization in the distribution process, namely: the resizing of the trolley, the standardization of the distributors' work and the design of the slides, then a study on an automated AGV trolley, and finally the study of the implementation of the RFID technology for the traceability of the MP and the reduction of work in progress

Table des matières

Dédicaces	2
Remerciements.....	3
Résumé	4
Abstract	5
Liste des figures	10
Liste des tableaux	13
Liste des abréviations	15
Introduction générale.....	16
Chapitre I : Contexte général du projet.....	18
1.1 Introduction	18
1.2 Présentation du groupe YAZAKI.....	18
1.2.1 Généralité	18
1.2.2 Les filiales de YAZAKI	19
1.2.3 Présentation du groupe YAZAKI MORROCO MEKNES	20
1.2.4 Les projets de YAZAKI Meknès.....	21
1.2.5 L'organigramme de YAZAKI.....	22
1.2.6 Présentation des départements au sein de YAZAKI MEKNES	23
1.3 Types de câblage électrique.....	23
1.3.1 Composants électriques d'un câble	24
1.4 Présentation du processus de production.....	24
1.4.1 La coupe	25
1.4.2 Le pré-assemblage	25
1.4.3 L'assemblage.....	26
1.4.4 L'expédition du produit finis.....	27
1.5 Cadre général du projet	28
1.5.1 Définition de la traçabilité	28

1.5.2	Problématique.....	28
1.5.3	Cahier des charges.....	29
1.5.4	Gestion du projet	30
1.6	Généralités sur les concepts et les outils qualité exploités	31
1.6.1	L'approche DMAIC	32
1.6.2	La cartographie VSM	33
1.6.3	Méthode 3QOCP	35
1.6.4	Situation présente/ situation désirée	35
1.6.5	Les MUDA de gaspillage	36
1.6.6	Diagramme des 5M	36
1.7	Conclusion.....	36
Chapitre II : Diagnostic et analyse de l'existant.....		38
2.1	Introduction	38
2.2	Définition approfondie du problème	38
2.2.1	Méthode QQQQCP	38
2.2.2	Situation présente/ situation désirée	40
2.3	Alimentation des chaînes d'assemblage P3.....	40
2.3.1	Alimentation directe des chaînes de production.....	41
2.3.2	Alimentation des chaînes de P3 à travers le supermarché.....	41
2.4	Elaboration de la cartographie VSM	44
2.4.1	Le choix du projet.....	44
2.4.2	Le choix de la référence	45
2.4.3	Elaboration de la carte VSM	48
2.5	Mesure de la valeur actuelle des encours (WIP)	51
2.5.1	Comparaison entre la quantité demandée et la quantité livrée	53
2.6	Processus de distribution et Flux de distributeurs	55
2.6.1	Description du processus de distribution.....	55
2.6.2	Chronométrage du cycle de distribution du projet X10	56
2.6.3	Les circuits de distribution	59
2.6.4	Etude de capacité du chariot.....	65
2.7	Analyse de la valeur du encours.....	68
2.7.1	Le besoin de sécurité des chaînes	68

2.7.2	La valeur des encours restants	69
2.7.3	Analyse du MUDA : Sur stockage de la matière première	69
2.7.4	Analyse muda de surproduction	70
2.8	Analyse des MUDA de gaspillage de distribution	72
2.8.1	Calcul de la productivité du distributeur	72
2.8.2	Les pertes en termes de coût.....	73
2.8.3	Les causes racines.....	73
2.8.4	Analyse muda de mouvement de distributeur	75
2.8.5	Analyse de la capacité du chariot	78
2.9	Conclusion.....	80
Chapitre III : Actions d'amélioration du processus d'alimentation.....		82
3.1	Introduction	82
3.2	Alimentation des chaines par un nouveau chariot	82
3.2.1	Recherche intuitive	82
3.2.2	Diagramme d'affinité	83
3.2.3	Examen de l'environnement (méthode des interacteurs).....	83
3.2.4	Analyse du besoin.....	86
3.2.5	Création de l'arbre fonctionnel.....	86
3.2.6	Elément du cahier de charge fonctionnel	88
3.2.7	Diagramme FAST	89
3.3	Optimisation du trajet de distribution.....	93
3.4	Etude de faisabilité de l'AGV	97
3.4.1	Les objectifs	97
3.4.2	Analyse fonctionnelle.....	97
3.4.3	Fonctionnement	104
3.4.4	Trajet de l'AGV.....	104
3.4.5	Le cycle de distribution de l'AGV	106
3.4.6	Distance parcourue par l'AGV	106
3.4.7	Etude des paramètres de l'AGV	107
3.4.8	Les composants de l'AGV.....	107
3.5	Implémentation du système de traçabilité par RFID	112
3.5.1	Technologie RFID.....	113

3.5.2	Introductions des tags RFID dans le processus d'alimentation	116
3.5.3	Coût d'investissement	118
3.6	Conclusion.....	119
 Chapitre IV : Etude économique du projet		121
4.1	Introduction	121
4.2	Investissement pour le nouveau chariot et la glissière	121
4.3	Investissement de l'AGV	122
4.4	Gains réalisés suite aux solutions proposées	123
4.4.1	Gains apportés par l'implémentation de la technologie RFID	123
4.4.2	Gains atteints suite à l'optimisation du trajet de distribution	124
4.4.3	Gains réalisés par l'implémentation de l'AGV	125
4.5	Conclusion.....	126
 Conclusion générale et perspectives.....		127
 Bibliographie.....		128
 Annexes		129

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1.1 : Les activités de YAZAKI	19
Figure 1.2 : Les filiales de YAZAKI.....	19
Figure 1.3 : les projets de YMM	21
Figure 1.4 : Le projet X10.....	22
Figure 1.5 : L'organigramme de YMM	22
Figure 1.6 : Le processus de production.....	25
Figure 1.7 : JIG d'assemblage d'un câble	26
Figure 1.8 : Processus d'assemblage	27
Figure 1.9 : Description de la problématique	29
Figure 1.10 : Planning du projet.....	31
Figure 1.11 : Les cinq étapes de DMAIC.....	33
Figure 1.12 : Pictogramme de la VSM.....	34
Figure 1.13 : Les étapes de construction de la VSM.....	35

Chapitre II

Figure 2.1 : Flux d'alimentation de la zone P3	40
Figure 2.2 : Alimentation directe des chaines de production	41
Figure 2.3 : Les types de bins.....	41
Figure 2.4 : Catégories d'emballages des composants au Supermarché de YMM	42
Figure 2.5 : le cycle de distribution de la matière première	43
Figure 2.6 : Flux de la matières premières entre le magasin et le supermarché.....	44
Figure 2.7 : Le layout de la zone de production	45
Figure 2.8 : Le prix des références les plus chères.....	47
Figure 2.9 : Les références ayant la valeur du besoin la plus élevée.....	48
Figure 2.10 : La carte VSM.....	50
Figure 2.11 : La variation des en-cours.....	52
Figure 2.12 : Comparaison entre la quantité livrée et la quantité demandée.....	54
Figure 2.13 : Logiciel SPSS	57

Figure 2.14 : Test de normalité	57
Figure 2.15 : Pourcentage de TVA et NTVA.....	59
Figure 2.16 : Le layout de la zone X10	60
Figure 2.17 : Tournée de distribution 1	61
Figure 2.18 : Tournée de distribution 2.....	62
Figure 2.19 : Tournée de distribution 3.....	63
Figure 2.20 : Tournée de distribution 4.....	64
Figure 2.21 : Les dimensions du chariot actuel sous catia V5	66
Figure 2.22 : La couverture en nombre de jour d'une seule référence.....	71
Figure 2.23 : Couverture en composant d'une seule référence	72
Figure 2.24 : Le diagramme Ishikawa du processus de distribution	74
Figure 2.25 : Diagramme Spaghetti avec layout	75
Figure 2.26 : Diagramme spaghetti sans Layout.....	77
Figure 2.27 : Distance d'une tournée	77
Figure 2.28 : Diagramme 5M de la capacité du chariot	78

Chapitre III

Figure 3.1 : Diagramme d'affinité	83
Figure 3.2 : Les interacteurs du chariot.....	84
Figure 3.3 : Les fonctions d'interaction du chariot.....	85
Figure 3.4 : Le bête à cornes du chariot	86
Figure 3.5 : Diagramme de pieuvre du chariot.....	87
Figure 3.6 : Diagramme FAST.....	90
Figure 3.7 : La nouvelle conception du chariot sous le logiciel CATIA V5.....	91
Figure 3.8 : Les dimensions du chariot	92
Figure 3.9 : Le trajet optimum de distribution	94
Figure 3.10 : La conception d'une glissière sous Catia V5.....	95
Figure 3.11 : Poste avec glissière vue de gauche.....	96
Figure 3.12 : Diagramme bête à corne de l'AGV	97
Figure 3.13 : Fonction globale de l'AGV	98
Figure 3.14 : Diagramme de pieuvre de l'AGV.....	99

Figure 3.15 : Diagramme SADT niveau A0 de l'AGV	101
Figure 3.16 : Diagramme FAST de l'AGV	103
Figure 3.17 : Le trajet de l'AGV dans la zone X10	105
Figure 3.18 : La carte arduino mega 2560.....	109
Figure 3.19 : Calcul de la puissance et le couple	109
Figure 3.20 : Capteur suiveur de ligne	110
Figure 3.21 : Les propriétés d'un capteur infrarouge de ligne.....	111
Figure 3.22 : Capteur infrarouge d'obstacle	111
Figure 3.23 : Capteur de couleur	112
Figure 3.24 : Puce RFID.....	111
Figure 3.25 : Système RFID	111
Figure 3.26 : Processus d'alimentation avec tags RFID	115
Figure 3.27 : Box avec tag RFID.....	115

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1.1 : La fiche signalétique de YMM	20
Tableau 1.2 : Equipe de travail	31

Chapitre II

Tableau 2.1 : 3QOCP	39
Tableau 2.2 : Situation présente/ situation désirée	40
Tableau 2.3 : Le prix des références	46
Tableau 2.4 : La valeur du besoin des références	47
Tableau 2.5 : La pénétration de la référence dans une seule famille	48
Tableau 2.6 : L'élément de la carte VSM	49
Tableau 2.7 : La valeur des encours de quelques références	51
Tableau 2.8 : La fluctuation des en-cours	52
Tableau 2.9 : Comparaison entre les quantités livrées et les quantités demandées	54
Tableau 2.10 : L'affectation des distributeurs	55
Tableau 2.11 : Le nombre d'observation	57
Tableau 2.12 : Chronométrage de l'état actuel	58
Tableau 2.13 : Distance parcourue et temps écoulé	65
Tableau 2.14 : le volume des bins demandé dans chaque famille	67
Tableau 2.15 : La capacité du chariot actuel	67
Tableau 2.16 : Le besoin de sécurité des chaines de X10	68
Tableau 2.17 : La valeur des surplus des chaines	69
Tableau 2.18 : Le coût du sur stockage des chaines X10	70
Tableau 2.19 : la couverture en jours des références du X10	71

Chapitre III

Tableau 3.1 : Les fonctions recensées du diagramme de pieuvre	87
Tableau 3.2 : Le cahier de charge fonctionnel	88
Tableau 3.3 : La nouvelle capacité du chariot	92
Tableau 4.6.4 : les fonctions de l'AGV	99
Tableau 3.5 : Distance parcourue par l'AGV	106
Tableau 3.6 : Etude des paramètres AGV	107
Tableau 3.7 : Calcul de la vitesse de l'AGV	107
Tableau 3.8 : Les caractéristiques de MCC	110
Tableau 3.9 : Motoréducteur de l'AGV	110
Tableau 3.10 : Les caractéristiques de capteur de couleur	112

Chapitre IV

Tableau 4.1 : Budget de la conception d'un nouveau chariot et la glissière.....	122
Tableau 4.2 : Coût d'investissement total de l'AGV	123
Tableau 4.3 : Résumé des gains	126

Liste des abréviations

YMM : YAZAKI MOROCCO MEKNES.

YC : YAZAKI Corporation.

YEL : YAZAKI EUROPE LIMITED.

YMO : YAZAKI MOROCCO Tanger.

SAP : Systems, Applications, Products.

P1 : Zone de coupe.

P2 : Zone de pré-assemblage.

P3 : Zone d'assemblage.

BOM : Bill of Materials (Nomenclature du câble).

ERP : Enterprise Resource Planning

EDI : Echange de données informatisées.

FIFO : First In First Out.

SM : Supermarket.

WIP : Work in progress.

RM : Raw Material.

SPS : Standard Packing Size.

MOQ : Minimal ordered Quantity.

VSM : Value Stream Mapping.

SN : Semi finished Good Number.

FN : Finished Good Number.

CAO : Cutting Area Optimization.

TVA : Temps à valeur ajouté.

TNVA : Temps à non-valeur ajouté.

Introduction générale

A l'issue de notre formation qui a duré deux années et dans lesquels on a acquis plusieurs connaissances que ça soit au niveau théorique ou pratique, il était nécessaire de couronner le tout en effectuant un stage de fin d'études dans un organisme tel que « Yazaki Morocco Meknès », le choix de cette entité n'était pas fait au hasard, en fait il était dû à l'importance qu'occupe le secteur automobile dans l'économie nationale, ce dernier fort de sa valeur d'exportations qui a atteint 6 milliards d'euros dans l'année 2017, occupe aujourd'hui un taux très important estimé à 6.58% du PIB national, donnant ainsi une solide justification du choix du secteur pour y faire mon PFE.

YAZAKI Morocco Meknès adopte une démarche d'amélioration continue de la chaîne logistique globale, dans le but d'optimiser les charges et les pertes, de résoudre les problèmes dus aux failles de traçabilité et aux écarts d'inventaire, et de réduire les pertes engendrées par le processus d'alimentation en matière première afin de répondre à la demande de son client Renault et atteindre la cadence souhaitée.

C'est dans ce cadre s'inscrit notre projet de fin d'études qui consiste à améliorer le flux de distribution de la matière première et le contrôle des encours (WIP) entre le supermarché (SM) et les chaînes de production (P3), dans le but d'éviter les ruptures et les surstocks de la matière première, assurer la traçabilité dans le système d'alimentation et standardiser le processus de distribution.

Le présent rapport explicite la démarche adoptée afin de répondre à l'objectif de ce sujet. Il est structuré en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, une vue d'ensemble sur le projet. L'objectif de ce chapitre est d'élaborer le contexte général du projet. La première partie est dédiée à la présentation du groupe Yazaki et spécialement Yazaki Morocco, Meknès, cette introduction nous mène à définir le processus de production et les produits fabriqués par l'entreprise. La deuxième partie est consacrée à la description du cadre général du projet qui comporte plusieurs éléments, dont tout d'abord une présentation de la problématique rencontrée, cette partie comportera aussi le planning du déroulement du projet ainsi que la démarche et les outils utilisés pour la réalisation de ce projet.

Le deuxième chapitre est employé pour décrire les trois premières phases de la démarche DMAIC, nous allons définir le problème pour mieux le cerner, nous allons aussi mesurer les différents indicateurs nécessaires pour mettre l'accent sur le problème et ainsi analyser toutes les données recueillies dans la phase de mesure

Le troisième chapitre explicite les améliorations proposées pour remédier aux problèmes liés au processus d'alimentation des chaînes d'assemblage, à savoir l'implémentation de la RFID pour minimiser les encours de production et la mise en place de l'AGV afin de standardiser le travail de distribution

Le quatrième chapitre met le point sur les coûts des actions mises en place et le calcul des gains.

Finalement, nous présentons une conclusion générale qui synthétise nos contributions et qui formule les perspectives de ce projet qui peuvent découler.

Chapitre I

Contexte général du projet

Chapitre I

Contexte général du projet

1.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter le contexte général du projet. Dans la première partie de ce chapitre une esquisse sur le lieu du projet de fin d'études à travers une description du groupe YAZAKI, et en particulier YAZAKI Morocco MEKNES (YMM), les activités de l'entreprise et le processus de fabrication de câble électrique sont introduits.

La deuxième partie porte sur le cadre général en définissant la traçabilité logistique, élaborant la problématique et le cahier des charges, l'équipe de travail ainsi que l'ordonnancement des tâches du projet et mettre en avant les outils que nous allons utiliser.

1.2 Présentation du groupe YAZAKI

1.2.1 Généralité

Le groupe YAZAKI est une multinationale japonaise qui compte parmi les plus grands concepteurs et fabricants mondiaux des systèmes de câblages pour automobile. En tant que fondateur des systèmes de liaisons électriques modernes, YAZAKI opère auprès de plusieurs constructeurs de l'industrie automobile tel que Ford, Jaguar, Land Rover, Mercedes, Honda, Volvo, Toyota, Nissan, Isuzu, Seat, Renault, Fiat, Mazda et d'autres.

Le groupe YAZAKI produit également dans d'autres secteurs tel que :

- La fabrication de fils et câbles électriques.
- La fabrication de produits de gaz.
- La climatisation.

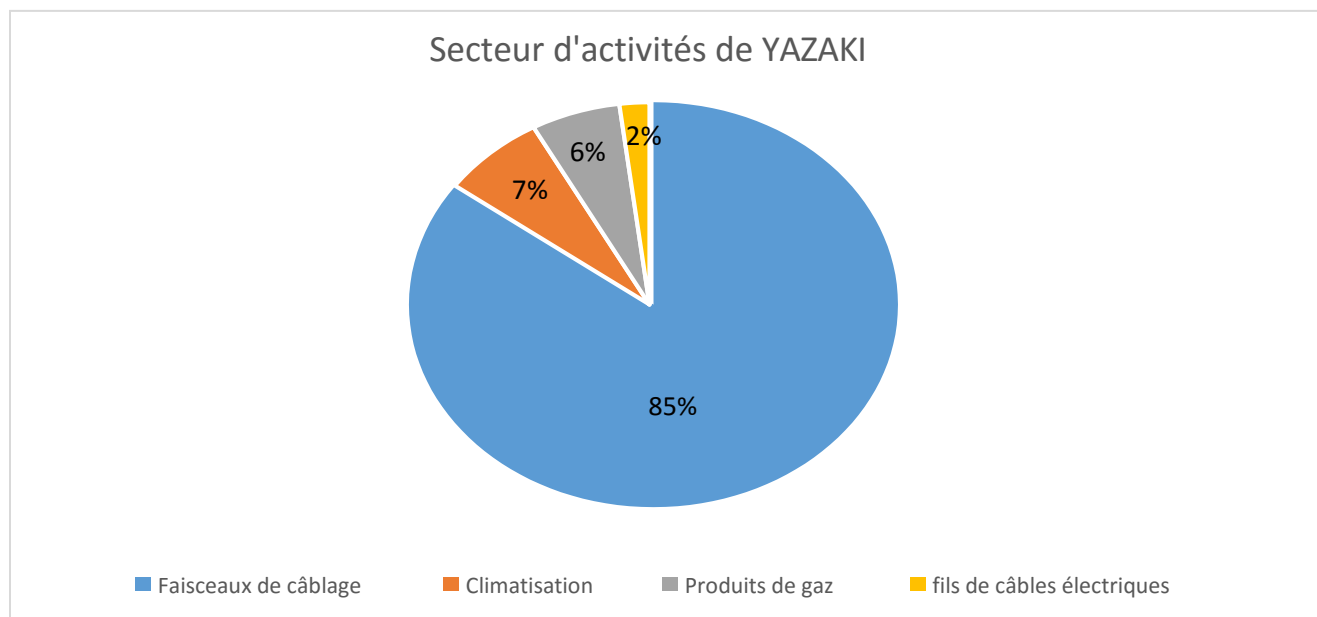


Figure 1.1 : Les activités de YAZAKI

1.2.2 Les filiales de YAZAKI

YAZAKI corporation est une société familiale qui a choisi de franchir son territoire Japonais pour installer ses trois divisions en Amérique, Europe et en Asie, ces trois groupes sont autonomes, mais dépendent tous de la société mère. Chaque groupe se décompose en usines et centres de services client qui assurent la gestion et le traitement des commandes. Quant aux usines, ils se chargent de la réalisation des programmes de production :

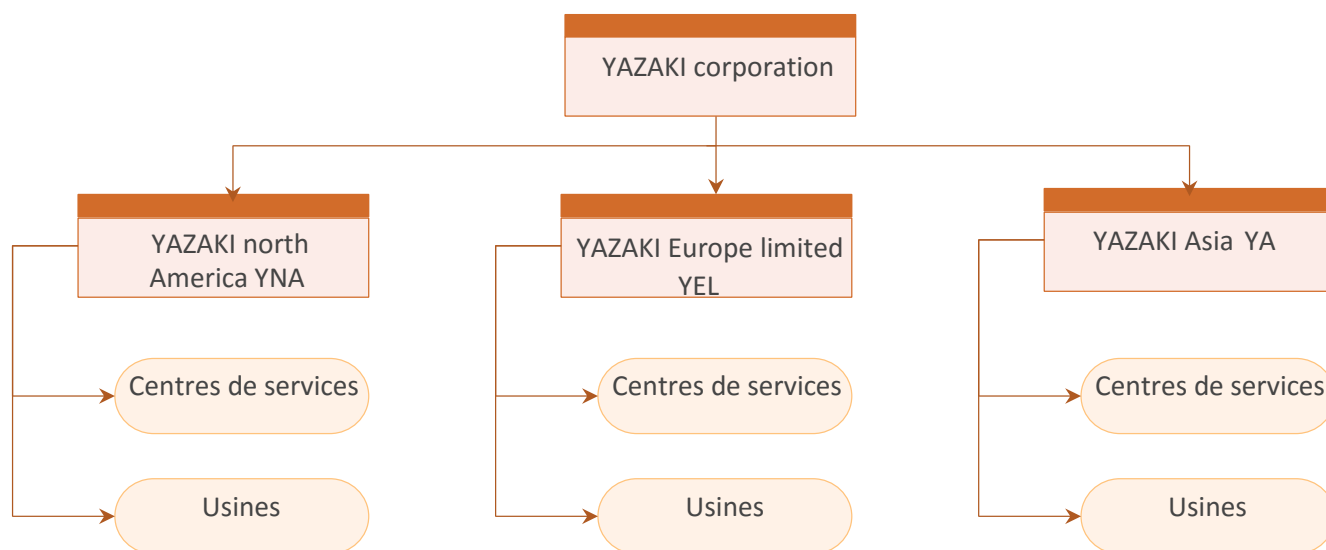


Figure 1.2 : Les filiales de YAZAKI

Actuellement, YAZAKI emploie près de 250.000 personnes dans 43 pays sur les cinq continents et ses unités se divisent en plus de 160 filiales et 444 unités réparties entre usines de production, centres de service au client et centres de Recherche & Développement.

En 2001, le Maroc a été le premier pays africain auquel YAZAKI a fait honneur, par l'inauguration de son site opérationnel YMO pour la production du câblage automobile, en présence de SM le Roi MOHAMMED VI. Vu la performance de son personnel et des résultats réalisés depuis ses débuts, et sa certification par la maison mère et par plusieurs organismes de renommée mondiale, YAZAKI Saltano de Portugal, Succursale du Maroc, a été transformée en mai 2003 en une entité indépendante appelée YAZAKI MORROCO S.A. Ensuite le groupe japonais s'est installé en trois ville marocaines pour la production des faisceaux électrique des voitures :

- YAZAKI de Tanger (2001).
- YAZAKI de Kénitra (2011).
- YAZAKI de Meknès (2013).

1.2.3 Présentation du groupe YAZAKI MORROCO MEKNES

YAZAKI a lancé la première usine pilote YAZAKI Meknès Maroc YMM1 à Douar Al Khoult, Km8, Route de Sidi Kacem, Meknès. L'objectif était de préparer le noyau dur afin de tester sa capacité et sa performance de production de nouveaux projets qui sont la raison de sa création. Une fois les travaux de construction finis, l'ensemble de l'équipe de YMM1 a déménagé vers la nouvelle usine, se situant à la zone Agro polis de Meknès.

La majorité de la population actuelle a été transférée du site de Tanger (Usine mère). Le seul client de YMM est Renault.

Tableau 1.1 : La fiche signalétique de YMM

La raison sociale	YAZAKI MOROCCO MEKNES
Forme juridique	Société anonyme à conseil d'administration
Siège sociale	Zone Agropolis Meknès
Secteur d'activité	Câblage automobile
Date de création	15 Mars 2016
N° d'affiliation à la CNSS	6555702
Effectif	2300
N° de téléphone	0535514817
Site	www.yazaki-europe.com
Capital	50 000 000 DH

1.2.4 Les projets de YAZAKI Meknès

L'activité principale du site YMM est le câblage pour automobile et la totalité de sa production de câbles électriques est destinée aux équipements des 6 marques de RENAULT, qui sont présentées comme suit :

- XFA : voiture Renault Scénic ;
- JFC : voiture Renault Espace ;
- XFB : voiture Renault Mégane ;
- S2S : voiture Smart 2 portes ;
- X4S : voiture Smart 4 portes ;
- X10 : voiture Renault ZOE.



Figure 1.3 : les projets de YMM



Figure 1.4 : Le projet X10

1.2.5 L'organigramme de YAZAKI

La dimension organisationnelle au sein de YAZAKI Maroc se caractérise par un dosage équilibré entre la structure fonctionnelle et celle opérationnelle, en ce qui nous concerne, mon travail a été effectué au sein du département logistique.

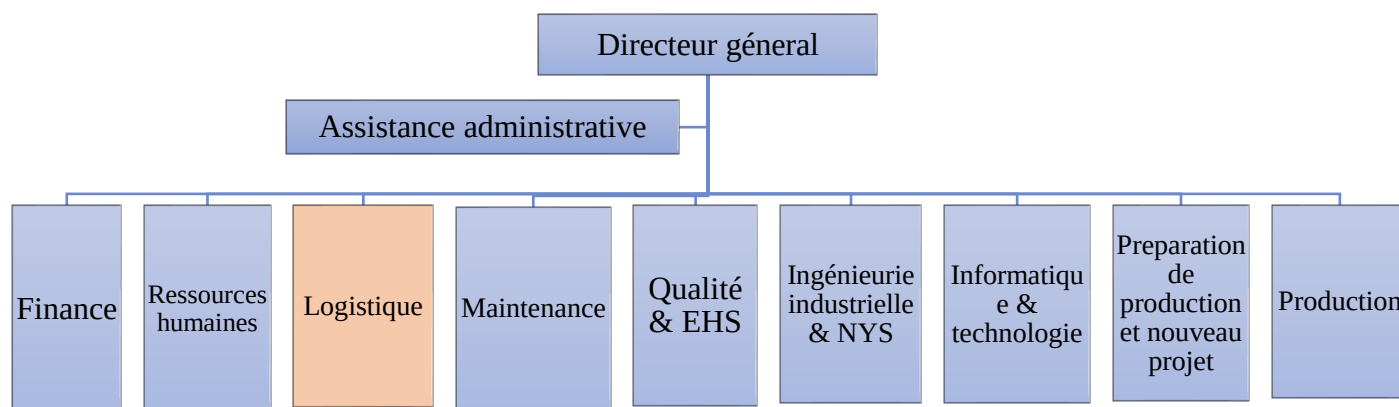


Figure 1.5 : L'organigramme de YMM

1.2.6 Présentation des départements au sein de YAZAKI MEKNES

Le groupe YAZAKI a une structure, une organisation et un règlement intérieur propre à lui. YAZAKI Meknès est organisée suivant sept départements. Nous pouvons résumer les missions de chaque département comme suit :

- **Département qualité** : qualifié comme observateur et détecteur des anomalies de qualité, ce département qui se décompose de quatre services, assure l'amélioration continue de la société dans le cadre de la qualité totale.
- **Département administratif et financier** : Permet d'assurer les fonctions financières et comptables de l'entreprise, de développer et d'implanter les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la compagnie.
- **Département informatique et technologique (IT)** : Ce département se charge d'analyser, de concevoir, de mettre en œuvre, d'exploiter et d'administrer les systèmes informatiques et technologiques de la société.
- **Département technique** : Ce département, composé de trois services : Process, maintenance et facilités, est chargé d'assurer le bon fonctionnement des machines.
- **Département production** : Ce département a pour principale mission la réalisation des programmes de production tout en assurant une bonne qualité du produit en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances pour augmenter la capacité de production.
- **Département NYS (new YAZAKI system) et ingénierie** : Ce département a pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies par les directions engineering et Qualité du groupe.
- **Département logistique** : gère l'approvisionnement, la réception, l'expédition et le stockage de la matière première et doit assurer la livraison du produit fini avec le minimum de charges possibles.

1.3 Types de câblage électrique

Le faisceau électrique d'un véhicule a pour fonctions principales d'alimenter en énergie ses équipements de confort (lève-vitres) et certains équipements de sécurité (Airbag, Eclairage), et aussi de transmettre les informations aux calculateurs. Ce produit qui est le câble est constitué d'un ensemble de conducteurs électroniques, terminaux, connecteurs et matériels de protection. Un câblage se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre elles. Ainsi on peut distinguer entre plusieurs types de câblage :

- Câblage principal (Main) ;
- Câblage moteur (Engine) ;
- Câblage sol (Body) ;
- Câblage porte (Door) ;
- Câblage toit (Roof) ;
- Autre.

1.3.1 Composants électriques d'un câble

Un câble est composé des éléments suivants :

Fil électrique : utilisé pour conduire le courant électrique avec le minimum de perte possible, il est composé des filaments de cuivre et de l'isolant. Il est défini par : sa couleur, sa section, et son espèce.

Terminal : les terminaux sont des accessoires qui assurent une bonne connectivité avec un minimum de pertes possible.

Matériels de protection (Fusibles) : Ce sont des pièces qui protègent le câble et tous ses éléments de la surcharge du courant qui pourrait l'endommager.

Connecteur : les connecteurs sont des pièces qui contiennent des cavités où les terminaux sont insérés. Cette opération assure la connexion entre les terminaux mâles femelles pour établir un circuit électrique fermé. Un verrouillage mécanique permet à la fin de bloquer cette connexion.

Clips ou agrafes : Ce sont des éléments qui permettent de fixer le câble à la carrosserie de l'automobile. Sans les clips le montage serait impossible, le câble restera détaché provoquant des bruits et exposé aux détériorations à cause des frottements.

Accessoires : On entend par accessoire tout autre composant qui entre dans la fabrication du produit fini. Ce sont des composants qui assurent la protection et l'isolation du câble au moyen des rubans d'isolement, des tubes, des bouchons, des couverts...

On trouve aussi les fusibles qui protègent le câble contre les défauts de courants

1.4 Présentation du processus de production

La planification de la production se fait suivant la commande client, le département logistique exploite ces commandes à l'aide du logiciel SAP pour déterminer les quantités des matières premières nécessaires suivant la méthode MRP.

La matière première venant du fournisseur passe par le laboratoire du contrôle de qualité pour subir un contrôle de réception avant d'être stockée dans le magasin de matière première. Le stock de matière première est géré par un système pull qui prépare un stock des 24 h prochaine de production. Le stock quotidien (journalier) passe à la zone de préparation (la coupe) qui est gérée par le système Kanban.

Le processus de production de YAZAKI se compose de 3 phases principales, à savoir la Coupe, le Pré assemblage et le Montage.

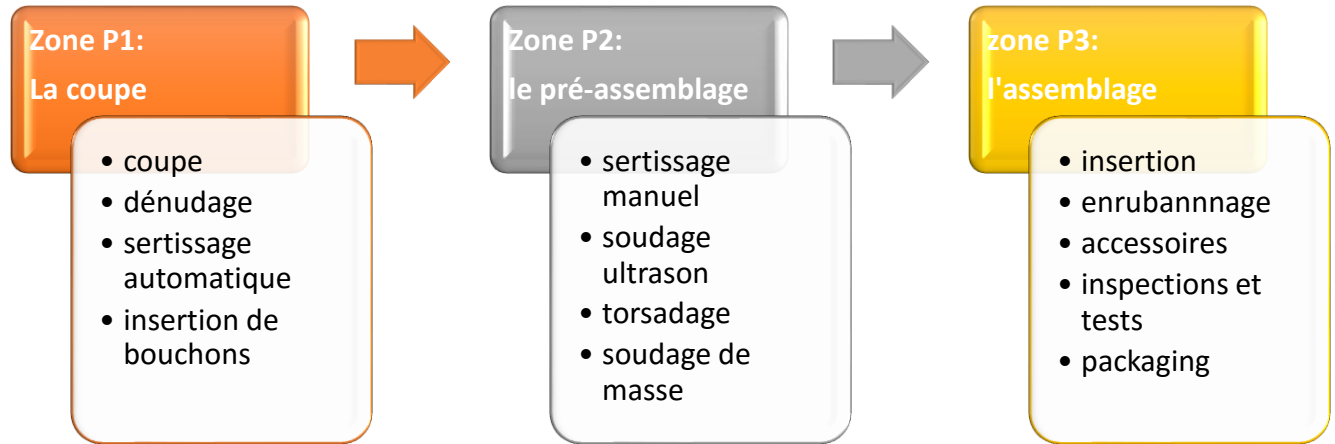


Figure 1.6 : Le processus de production

1.4.1 La coupe

Après la réception de la matière première, la première étape dans le processus de production commence. Elle s'agit de la coupe appelée aussi la zone P1, c'est la première étape dans le processus de fabrication des câbles. Le département ingénierie détermine la couleur, la longueur et le type des fils à découper par les machines de coupe qui sont pilotées par le logiciel CAO.

C'est la zone où tout produit doit passer obligatoirement par l'un ou plusieurs des processus de fabrication suivants :

- **La découpe** : Découper les fils simples selon les sections et les longueurs prédéfinies.
- **Dénudage** : C'est l'opération permettant d'enlever l'isolant à l'extrémité du fil afin de dégager les filaments conducteurs.
- **Sertissage automatique** : Processus qui permet la jonction d'un terminal à un ou plusieurs fils conducteurs.
- **Insertion des bouchons** : Les bouchons sont des dispositifs permettant d'assurer l'étanchéité lors de l'insertion dans le connecteur.

1.4.2 Le pré-assemblage

Après la zone P1, une partie des fils coupés, passe par la zone de pré-assemblage et subit d'autres opérations, à savoir :

- **Le sertissage manuel** : Pour les terminaux qui sont difficiles à sertir automatiquement, il est nécessaire d'effectuer cette opération à l'aide des presses manuelles. Cette opération a pour but d'assurer la liaison électrique en assemblant le câble avec le terminal.
- **Joints par machine SCHUNK** : La soudure consiste à souder les extrémités de plusieurs fils dénudés à un seul terminal à l'aide des machines de soudage appelées "SCHUNK".
- **Twist** : c'est l'opération qui permet de torsader deux fils pour les protéger des champs magnétiques et ralentir la vitesse du passage du courant électrique.

- **Joint par ultrason** : Les joints ou épissures sont des soudures ultrason unissant un ou plusieurs fils entre eux.
- **Soudure de masse** : La soudure de masse consiste à souder les extrémités de plusieurs fils à un seul terminal.
- **Postes d'accessoires** : pour l'insertion des accessoires (par exemple le bouchon).

1.4.3 L'assemblage

Une ligne de montage est un ensemble de postes de travail spécialisés disposés dans l'ordre qui correspond à la succession des opérations d'assemblage des composants du câble.

Elle se caractérise généralement par l'emploi d'un convoyeur ou d'une chaîne de tableaux mécanisés (JIG) ou les deux en même temps.



Figure 1.7 : JIG d'assemblage d'un câble

Les câbles passent généralement par trois étapes principales lors de l'assemblage : l'insertion, l'enrubannage et l'inspection.

La figure suivante décrit le processus de montage des câbles.

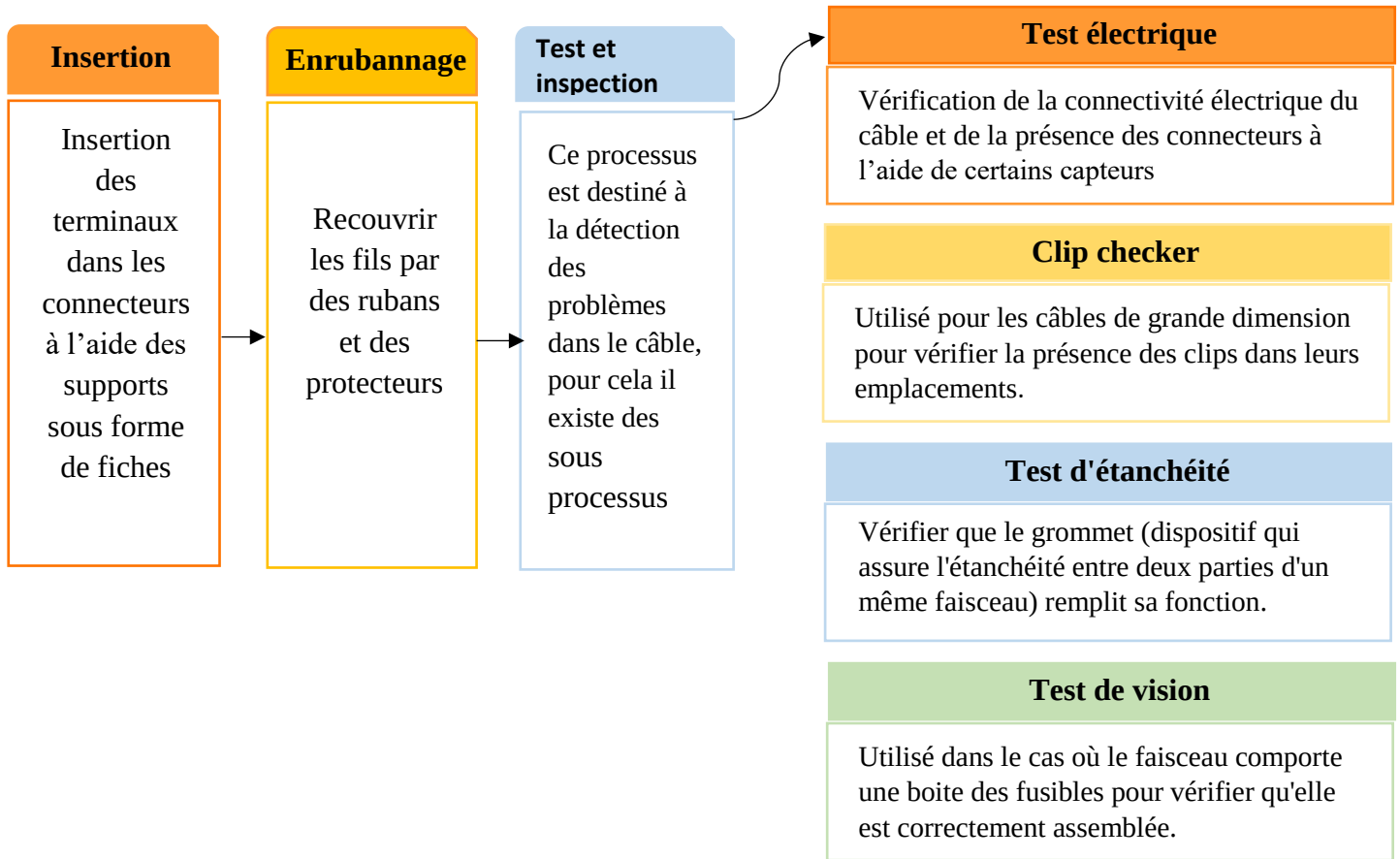


Figure 1.8 : Processus d'assemblage

1.4.4 L'expédition du produit finis

Après être emballé les faisceaux se rassemblent dans des palettes qui ont une capacité de 32 câbles, une fois que la palette soit remplie et emballée, on l'envoie à l'expédition, ce service s'occupe de l'envoi de la marchandise aux clients de YAZAKI et s'assure de son arrivée.

1.5 Cadre général du projet

1.5.1 Définition de la traçabilité

Plusieurs définitions existent sur la traçabilité. Parmi les définitions officielles, on peut retrouver celle de ISO.

Norme ISO 8402 (Management de la qualité et assurance de la qualité-Vocabulaire) : La traçabilité est l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité au moyen d'identifications enregistrées. (L'entité peut désigner une activité, un processus, un produit, un organisme ou une personne).

La traçabilité logistique a pour objet d'assurer le suivi quantitatif des produits, leur localisation ainsi que leur destination et leur origine à travers tous les maillons de la chaîne logistique de la fabrication jusqu'à la consommation.

Les objectifs principaux de la traçabilité logistique sont :

- Le contrôle du chargement.
- Le suivi des commandes et des stocks.
- La réception des marchandises.
- Le suivi des marchandises.
- Le respect d'une réglementation très stricte.
- La diminution des erreurs humaines.

1.5.2 Problématique

Dans un contexte économique serré, concurrentiel peu tolérant, les entreprises manufacturières de câblage se retrouvent devant l'obligation et la pression de maintenir ses atouts concurrentiels (triangle Coût/Qualité/Délais).

C'est le cas pour YMM qui confronte des problèmes majeurs au niveau du processus d'alimentation des chaînes d'assemblage. D'une part, l'absence de traçabilité de matières premières, en fait pour chaque composant quittant le supermarché, existe une certaine difficulté pour le localiser au sein des chaînes de production, le manque de suivi dans notre cas, ne concerne pas seulement l'emplacement des pièces et composants, mais aussi la quantité de ces références restantes en temps réel au sein des bins utilisés dans les lignes de production, ce qui engendre une augmentation des en-cours de production (WIP). D'après l'inventaire général du 31 mars 2019 la valeur du WIP globale égale à 1 600 000 €, donc c'est un problème qui nécessite une mise en place d'une solution efficace afin de réduire ces en-cours qui représente une perte pour l'entreprise.

D'autre part, Le processus de distribution et le flux de distributeurs de cette matière premières ne sont pas optimaux, ce qui génèrent des MUDA de gaspillage.

Pour bien comprendre la problématique, nous l'avons schématisé à travers la figure suivante :

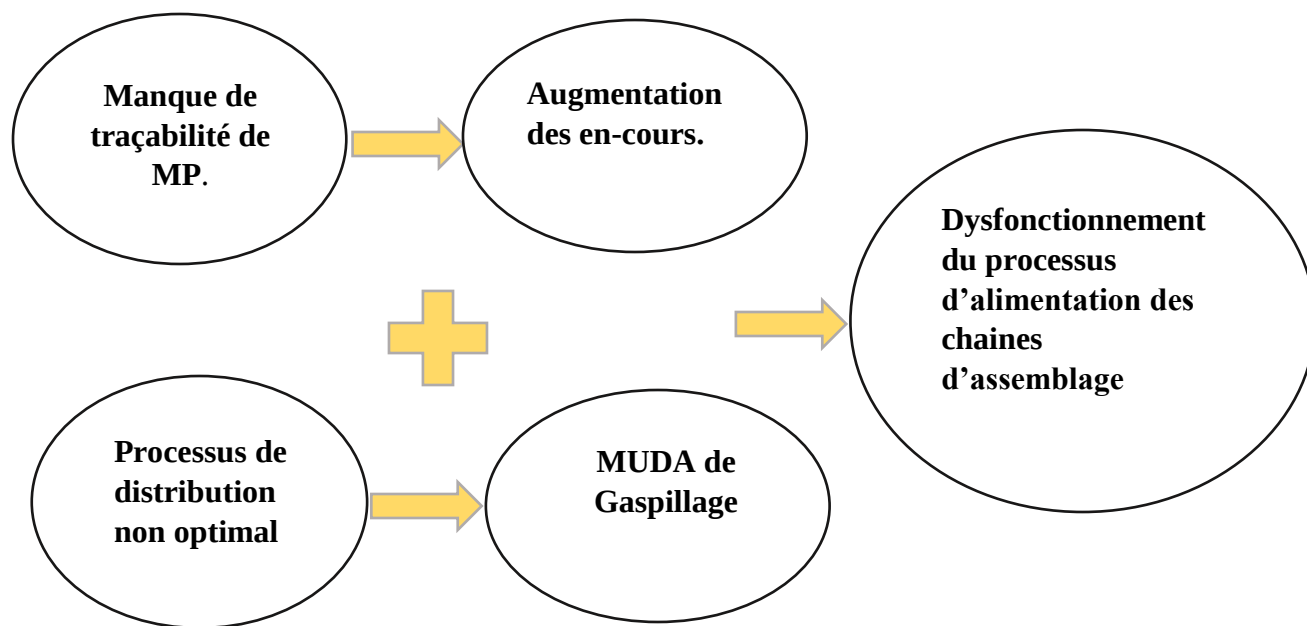


Figure 1.9 : Description de la problématique

1.5.3 Cahier des charges

L'élaboration du cahier des charges a pour but de bien définir le besoin du client, les objectifs que nous voulons atteindre et les contraintes imposées par l'organisme d'accueil.

Contexte pédagogique :

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'étude qui permet de compléter et de mettre en œuvre les enseignements acquis durant les années de formation à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Acteurs du projet :

Maitre d'ouvrage : YAZAKI MORROCO MEKNES entreprise de câblage automobile.

Maitre d'œuvre : L'étudiante de master : Akaaboune Oumayma, sous l'encadrement de :

- Pr. EL Barkany Abdellah.
- Mr. BENFFEDOUL Abdelhak superviseur magasin au département logistique.
- Mr. KHOMSI Jamal-Eddine chargé d'approvisionnement.

Besoin et objectifs du projet :

Le besoin exprimé par le département logistique est l'amélioration du processus d'alimentation des chaînes d'assemblage, qui a comme objectifs :

- La minimisation et le contrôle des en-cours (WIP).
- La standardisation du travail des distributeurs.
- Optimisation du flux de distribution.
- Redimensionnement du chariot actuel de distribution.
- Etude d'implémentation de la technologie RFID.
- Etude d'implémentation de l'AGV.

Les contraintes à respecter :

- Le projet doit être terminé dans l'intervalle de temps défini entre 28 janvier 2019 et 28 mai 2019.
- Les solutions proposées doivent être rentables et efficaces.
- Les solutions proposées doivent avoir des résultats à court terme et durables.
- L'investissement demandé pour mettre en place la solution proposée doit être raisonnable et bien justifié

1.5.4 Gestion du projet**1.5.4.1 Méthodologie et planning**

Au début du stage, durant une semaine je me suis intégrée au sein de l'entreprise ; ensuite dans les deux semaines d'après nous avons essayé de définir la problématique, le processus d'alimentation de chaîne P3 ainsi que la cartographie VSM.

Dans la deuxième phase qui s'inscrit dans l'étude de l'état actuel, nous avons préféré de commencer par déterminer l'écart existant entre la quantité effective demandée des pièces et composants sur les chaînes de production, et la quantité alimentée par le supermarché, afin de mettre le point sur les en-cours de production, il aura fallu aussi déterminer et chronométrer le cycle de distribution, l'objet de cette deuxième opération est de déterminer les différentes MUDAS existantes dans ce Process, ce qui nous mènera directement à l'analyse de la capacité de chariot et ses inconvénients afin d'essayer d'en concevoir un autre, plus ergonomique, et plus efficace. Ensuite l'analyse et l'identification des causes racines que représentent la phase analyser. Et finalement l'implantation de la solution proposée et le suivi de cette proposition.

Le diagramme de GANTT, est un outil efficace qui permet de visualiser dans le temps les diverses tâches composant un projet. Les différentes tâches qui constituent notre projet sont représentées sur la figure suivant :

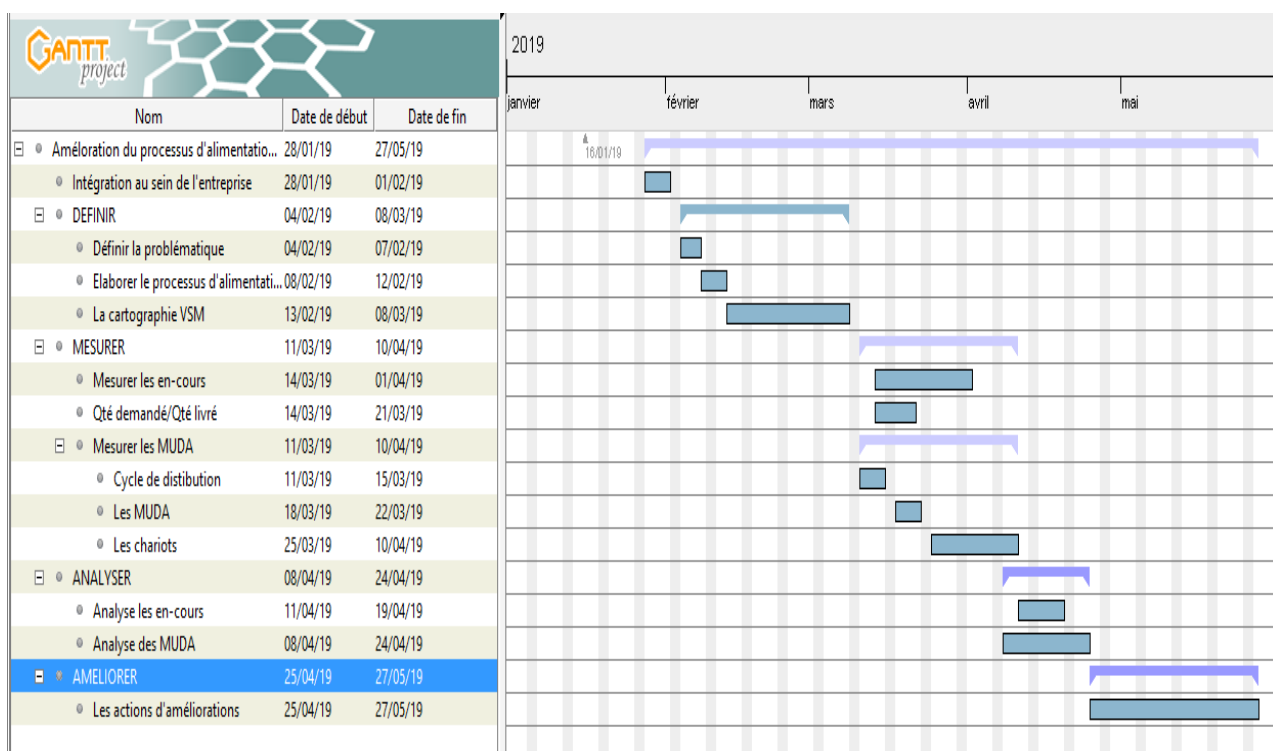


Figure 1.10 : Planning du projet

1.5.4.2 Equipe de travail

La constitution d'une équipe est une étape particulièrement indispensable dans un projet vu qu'elle conduit à un accroissement des moyens financiers propres et des réunions de compétences, ce qui permet de bénéficier de l'aide et de l'expérience de différentes personnes pouvant attribuer à la réalisation du projet. Ainsi, notre équipe est formée des personnes suivantes :

Tableau 1.2 : Equipe de travail

Membre	Profession	Rôle
Akaaboune Oumayma	Etudiante master	Pilote du projet
Pr El Barkany Abdellah	Professeur à la FST Fès	Parrain académique
Mr. Abdelhak Benfeddoul	Responsable Magasin	Parrain industriel
Mr. Jamal Eddine Khomri	Approvisionnement	Parrain industriel

1.6 Généralités sur les concepts et les outils qualité exploités

La réalisation du projet a nécessité le recours à certains outils, d'identification, d'analyse et de résolution des problèmes. Dans cette partie nous allons définir le principe des différents outils et méthodes utilisées.

1.6.1 L'approche DMAIC

DMAIC est une méthode de résolution de problèmes structurée et largement utilisée dans les problèmes d'amélioration. Elle fournit une base de réflexion qui structure le travail d'une équipe de projet d'amélioration continue. Cet outil simple permet d'obtenir rapidement des résultats probants, et repose sur 5 étapes : Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, Contrôler.

- **Define (Définir)**

La première étape de la démarche DMAIC est l'identification et la description de l'objet de l'étude, à savoir l'optimisation des encours via l'amélioration de la boucle kanban, et de la mission que l'équipe de projet va accomplir. Cela inclura :

- La définition de la problématique et l'objectif du projet.
- La compréhension du processus et du principe de fonctionnement.

- **Measure (Mesurer)**

Cette phase, qui consiste à recueillir des données dans le but de caractériser le système d'alimentation des chaînes, est divisée en deux :

- La définition de l'indicateur(s) à suivre pour le projet et du système de mesure pour quantifier les écarts susceptibles de détruire la valeur.
- Déterminer les indicateurs de disponibilité de la matière première, en analysant les arrêts de production dus aux problèmes d'alimentation des chaînes.

- **Analyze (Analyser)**

L'analyse des données récoltées pendant l'étape précédente amène à :

- Identifier les causes induisant les dysfonctionnements étudiés ou empêchant l'atteinte des objectifs fixés.
- Reconnaître les causes initiales et profondes à l'origine de la problématique, afin de se préoccuper des vrais problèmes plutôt que des symptômes qu'ils révèlent.

- **Improve (Améliorer)**

Cette étape fait appel aux capacités d'innovation, de réflexion et d'action de l'équipe. Il s'agit de :

- Proposer des solutions en vue de répondre aux causes identifiées lors de la phase précédente en élaborant un plan d'action pour améliorer le système d'alimentation des chaînes.
- Mettre en place les solutions sélectionnées.

- **Control (Contrôler)**

La dernière étape du DMAIC est la phase de prise de recul par rapport au projet afin de faire le bilan financier du projet et calculer les gains. DMAIC est une méthode de conduite de projet d'amélioration très puissante, lorsque le problème est correctement posé et les limites du sujet clairement établies.



Figure 1.11 : Les cinq étapes de DMAIC

1.6.2 La cartographie VSM

La VSM est un outil fondamental dans une démarche Lean. C'est le meilleur moyen de pouvoir visualiser les différents flux au sein d'une production (matière et information). Il est facile de mettre en avant les tâches à valeur ajoutée et d'identifier les différents types de gaspillages comme les stocks et en-cours. C'est un outil qui, s'il est bien utilisé, est compréhensible par tous et qui offre la possibilité d'amener différentes personnes à s'investir pour améliorer l'état actuel.

Les informations nécessaires à la VSM

La VSM demande à ce que l'on collecte des informations fiables et au plus proche de l'état actuel du processus. Différentes notions sont décrites dans cet outil, comme :

- Les différentes tâches qui composent le processus.
- Les différents stocks et en-cours.
- Les flux d'informations et de matières.
- Les temps de cycle.
- Le délai d'exécution, temps de valeur ajouté...etc.

Les règles d'une VSM (Pictogramme)

La VSM est devenue un langage international et chaque personne ayant travaillé dessus est capable de comprendre la cartographie d'un autre et tout cela grâce à des pictogrammes et autres règles d'illustration.

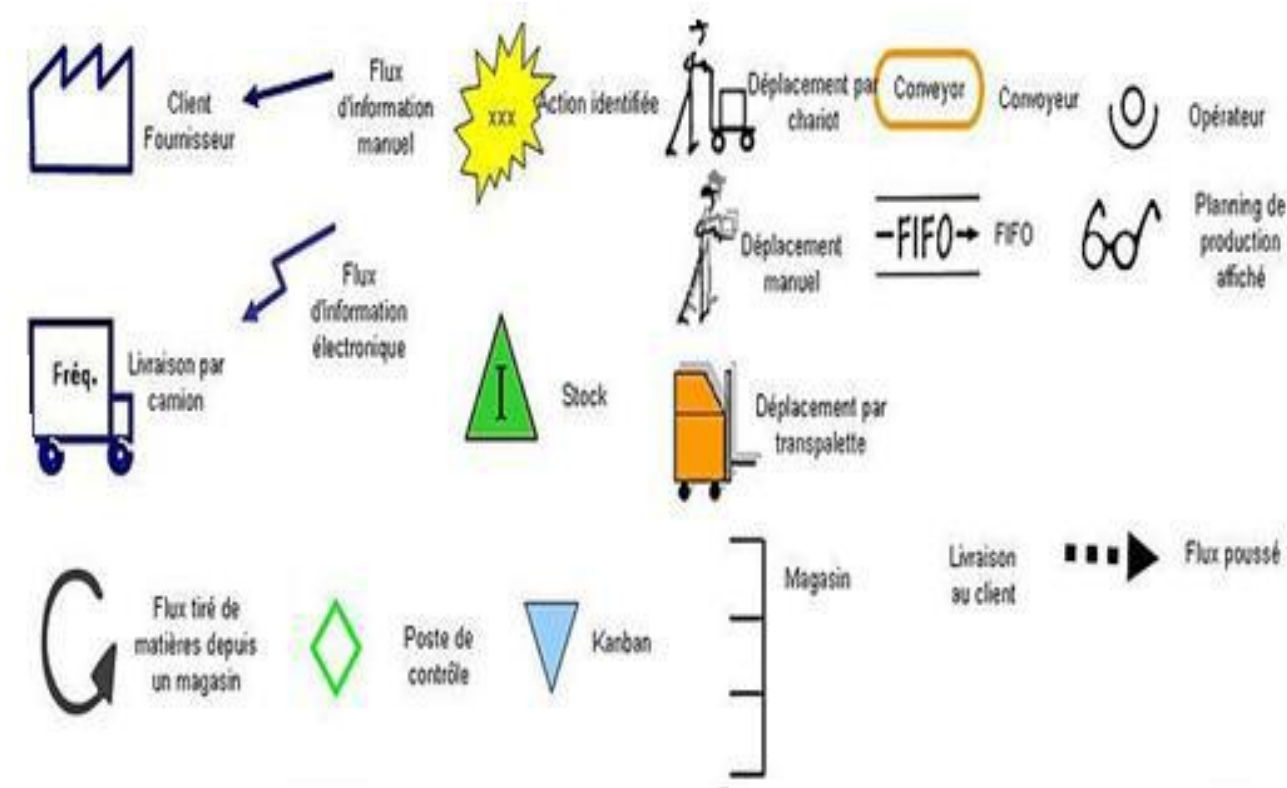


Figure 1.12 : Pictogramme de la VSM

Les étapes de construction d'une VSM

La VSM s'inscrit dans la démarche DMAIC. La constitution de la carte n'est donc pas une fin en soi, ce n'est que la première étape de la réorganisation de la chaîne de production pour prétendre à un système Lean. Un projet VSM complet, c'est-à-dire de l'état des lieux jusqu'au réagencement, se déroule suivant les étapes de la Figure suivante :

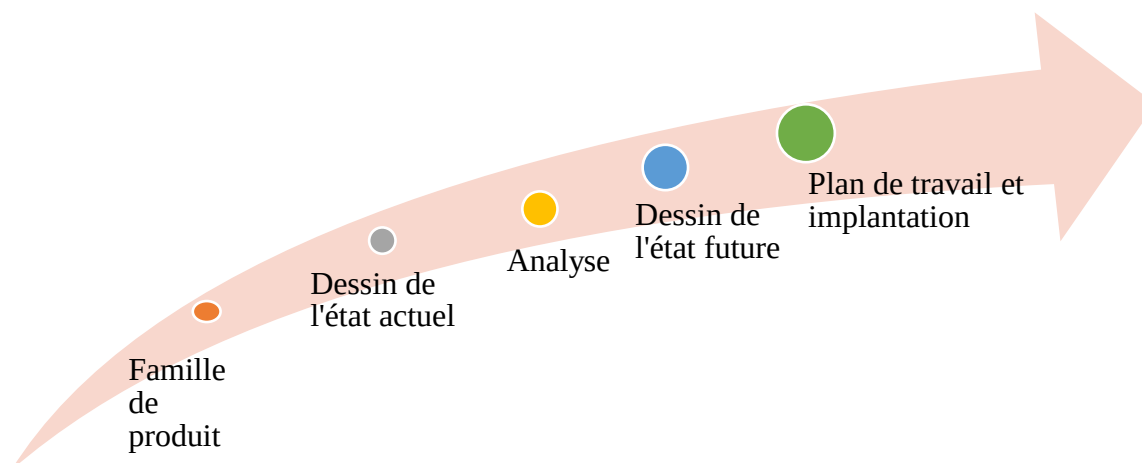


Figure 1.13 : Les étapes de construction de la VSM

1.6.3 Méthode 3QOQCP

Le QQQQCP est un outil qui permet de se poser les bonnes questions avant d'aborder un problème. Il n'est en effet pas rare de se jeter tête baissée sur une solution sans avoir fait le tour de la question. C'est une fois la solution mise en œuvre que l'on s'aperçoit que l'on avait oublié un élément important qui remet en cause la solution choisie.

Pour être sûr d'appréhender le plus complètement possible un problème, il faut se poser les questions QQQQCP (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ?).

La réponse à ces questions permet d'identifier les aspects essentiels d'un problème.

- **QUI** : Qui est concerné, par le problème, quelles sont les personnes impliquées ?
- **QUOI** : Quel est le problème ?
- **OÙ** : En quel lieu le problème se pose-t-il ?
- **QUAND** : À quel moment le problème apparaît-il ?
- **COMMENT** : Sous quelle forme le problème apparaît-il ?
- **POURQUOI** : Quelles sont les raisons qui poussent à résoudre ce problème ?

1.6.4 Situation présente/ situation désirée

L'outil « état présent/état désiré » a pour but de faire apparaître des différences significatives entre les deux états de façon à choisir les moyens les mieux adapter pour aller vers le but.

L'état actuel représente le point de départ avant la mise en œuvre d'un changement alors que l'état désiré est le point d'arrivée, la situation satisfaisante dans laquelle le sujet souhaite se trouver s'il quitte son état présent.

1.6.5 Les MUDA de gaspillage

Taïchi Ohno, père fondateur du Système de Production Toyota, a défini 3 familles de gaspillages :

- MUDA (tâche sans valeur ajoutée, mais acceptée).
- MURI (tâche excessive, trop difficile, impossible).
- MURA (irrégularités, fluctuations).

On s'intéresse dans cette partie au MUDA, qui est donc une activité improductive, qui n'apporte pas de valeur aux yeux du client. Mais tout le monde accepte et pratique cette activité. Sans la remettre en question. Ces gaspillages sont au nombre de sept :

- Surproduction.
- Sur stockage ou Stocks inutiles.
- Transports et Déplacements inutiles.
- Surprocessing ou Traitements inutiles.
- Mouvements inutiles.
- Erreurs, défauts et rebuts.
- Temps d'attente.

1.6.6 Diagramme des 5M

Les diagrammes d'Ishikawa, ou diagrammes en arête de poisson, sont des diagrammes où les différentes causes d'une erreur sont représentées d'une manière hiérarchique. Au niveau supérieur, on distingue les domaines standards de causes. Chacun de ces niveaux est développé jusqu'au niveau des causes élémentaires. L'avantage de cette méthode réside dans le fait que les causes principales des erreurs sont énumérées assez rapidement.

Cet outil se présente sous la forme d'arêtes de poisson classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des 5 M (Matière, Main d'œuvre, Moyen, Milieu, Méthodes).

1.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons élaboré le contexte général du projet. En premier lieu nous avons présenté l'organisme au sein de YAZAKI MEKNES, les missions de ses départements ainsi qu'une description détaillée de ses produits et son processus de production.

En deuxième lieu, nous avons abordé dans ce chapitre le cadre du projet, cette partie été consacré à une définition de la traçabilité et l'explication de la problématique ensuite la planification des tâches à réaliser ainsi que la démarche adoptée basée sur la méthode DMAIC et les outils utilisés.

Le deuxième chapitre portera sur les trois premières phases de cette démarche à : définir, mesurer et analyser.

Chapitre II

Diagnostic et analyse de l'existant

Chapitre II

Diagnostic et analyse de l'existant

2.1 Introduction

Après avoir présenté le cadre général du projet, ce troisième chapitre aura pour objectif d'établir les états des lieux. Pour ce faire, nous allons commencer par le premier jalon de la méthode DMAIC qui comportera la définition du problème. Ensuite, la phase « Mesurer » sera consacrée à l'évaluation de la performance actuelle du processus. Puis, la phase « Analyser » comportera l'analyse des différentes données collectées dans les phases précédentes.

Phase définir

Pour réaliser cette première phase de la démarche DMAIC, nous définirons tout d'abord la problématique du projet et les objectifs fixés en utilisant la méthode QQQQCP.

Ensuite nous décrirons le processus d'alimentation des chaînes de production P3. Enfin, nous montrerons la cartographie de la chaîne de la valeur réalisée du composant FUSE BOX ASSEMBLY qui est utilisé dans la famille AVNANT MOTEUR du projet X10.

2.2 Définition approfondie du problème

2.2.1 Méthode QQQQCP

L'outil QQQQCP permet de définir des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels de la problématique. Cette méthode adopte une démarche d'analyse critique constructive basée sur le questionnaire systématique suivant :

Tableau 2.1 : 3QOCP

Quoi?	• C'est quoi le problème? • Manque de traçabilité de matières premières à la sortie du supermarché 1100. • Flux de distributeurs et le processus de distribution non optimaux. • Augmentation des en-cours de production.
Qui?	• C'est qui le responsable? • Département logistique.
Où?	• Lieu du problème? • Magasin de matières premières 1100, et la production 2000. • Les stocks des en-cours des chaines de production de la zone P3, P1, P2 • systeme SAP
Quand?	• Quand apparait le problème? • Dès que la matière première quitte le magasin 1000. • Lors de la production. • Lors de l'alimentation des chaines. • Lors des passations des commandes.
Comment?	• Comment mesurer le problème et les solutions? • Mesure des en-cours (WIP) • Suivi du flux de distribution. • Inventaire cyclique.
Pourquoi?	• Pourquoi deverons-nous résoudre le problème? • Réduire les en-cours(WIP). • Améliorer le système d'alimentation de chaine d'assemblage. • Assurer la traçabilité de la MP qui sort du super-marché. • Réduire les surstocks.

2.2.2 Situation présente/ situation désirée

Le schéma ci-dessous illustre l'état actuel et l'état désiré du processus d'alimentation des chaînes P3

Tableau 2.2 : Situation présente/ situation désirée

Situation présente	Situation désirée
Manque de contrôle de la matière première	Suivre le flux de la MP de la réception jusqu'à les chaînes d'assemblage.
Flux de distributeurs et processus de distribution non optimaux	Améliorer le processus d'alimentation et éliminer les MUDA de gaspillage.
Augmentation des en-cours.	La traçabilité de la MP par le système RFID afin de réduire les en-cours.

2.3 Alimentation des chaînes d'assemblage P3

La chaîne de production P3 est alimentée soit directement du magasin ou bien à travers le supermarché.

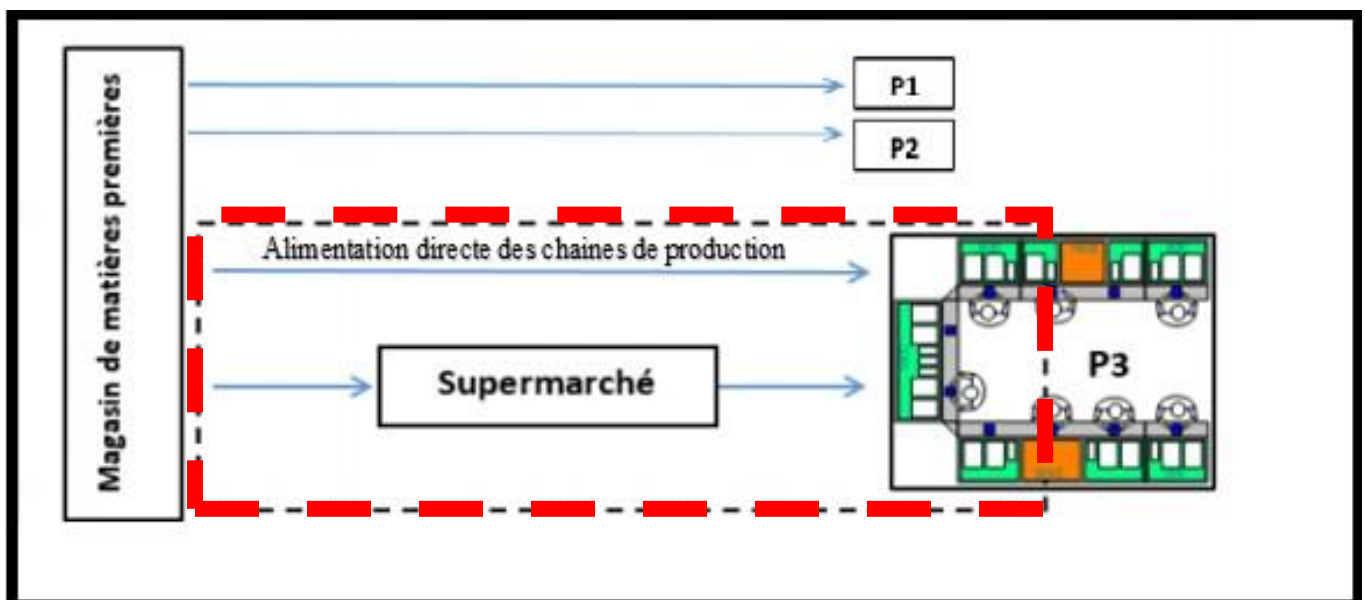


Figure 2.1 : Flux d'alimentation de la zone P3

2.3.1 Alimentation directe des chaînes de production

Il faut noter qu'il existe deux types d'activités qui caractérisent l'alimentation directe des chaînes de production

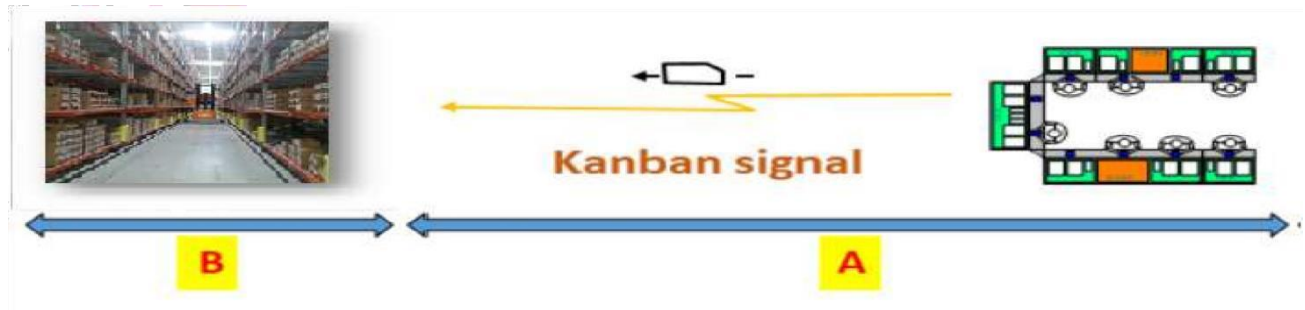


Figure 2.2 : Alimentation directe des chaînes de production

- **Alimentation des lignes**

La collecte, le signal des cartes kanban au magasin 1000, ainsi que la distribution des matières premières font partie de l'étape A qui est l'alimentation des lignes.

- **Magasin 1000 de matières premières**

Le magasin 1000 des matières premières doit fournir les différentes quantités demandées par les chaînes de production en se basant sur les cartes kanban, pour maintenir une production continue et par la suite éviter tout arrêt dû à une rupture de stock.

2.3.2 Alimentation des chaînes de P3 à travers le supermarché

La distribution de matières premières est assurée par le super marché deux fois par shift, l'alimentation de la chaîne se fait selon les familles et les projets en respectant le plan de gestion d'alimentation.

Notons que les matières premières peuvent être alimentées soit en bins de plastique :



Figure 2.3 : Les types de bins

Soit dans leurs propres emballages, puisque Certains composants peuvent s'endommager, lors de leur alimentation dans des bins, donc ils sont gardés dans leur propre emballage :



Figure 2.4 : Catégories d'emballages des composants au Supermarché de YMM

Notre projet se focalisera sur le suivi de la matière première distribuée du supermarché aux chaînes d'assemblage par des bins à savoir : les composants qu'on appellera par la suite : les références.

- **Alimentation des lignes**

Les distributeurs assurent les mouvements physiques des bins pleins et vides entre le supermarché et les postes de travail.

La figure 2-5 représente le mouvement physique de la matière première entre le supermarché et les chaînes de production.

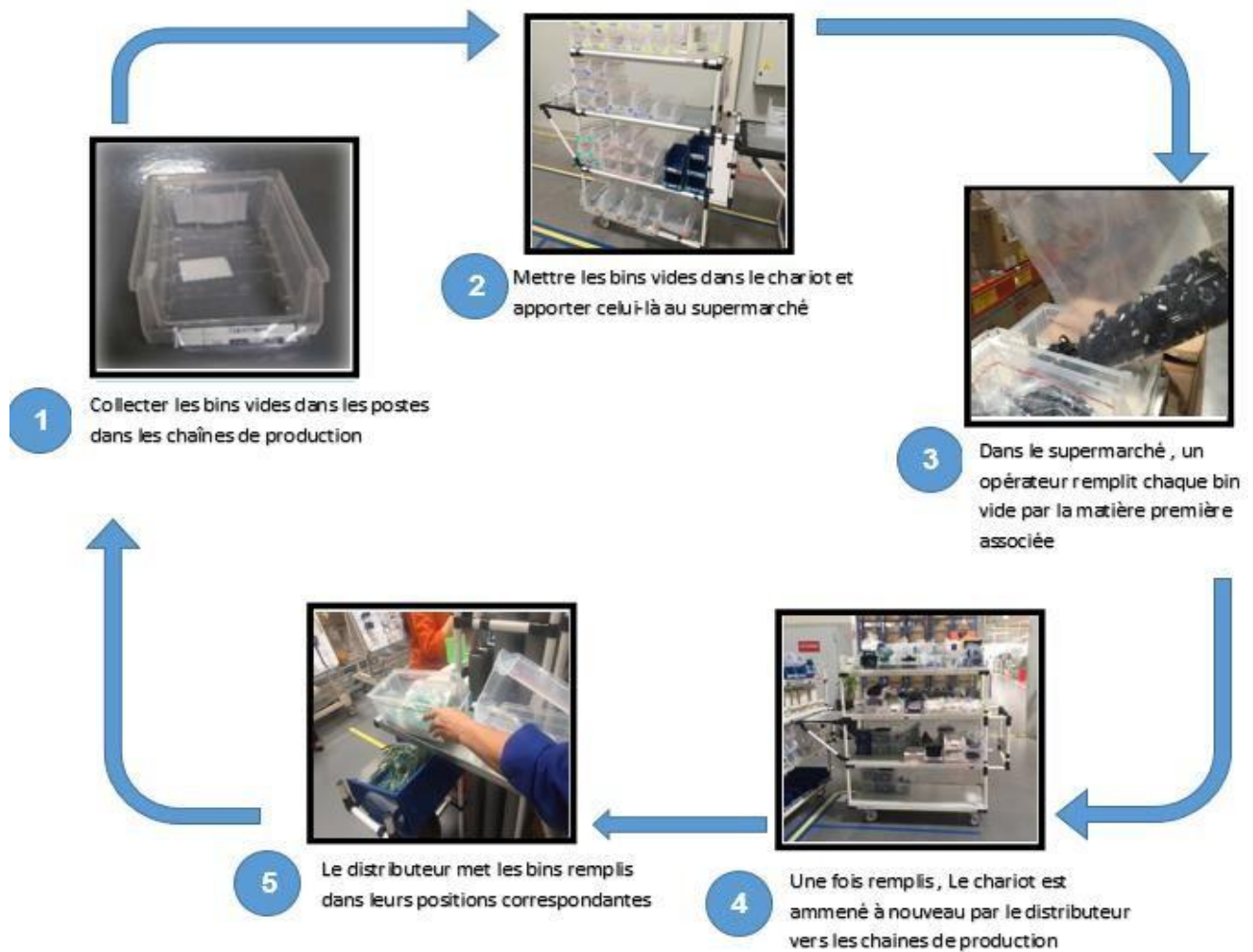


Figure 2.5 : le cycle de distribution de la matière première

Dans un shift (8 heures), un distributeur réalise deux cycles de distribution, chacun dans un intervalle de 4 heures. Ceci à l'aide du système Two-bins qui consiste à utiliser 2 bins : le premier est consommé par l'opérateur au moment où le second suit le cycle ci-dessus.

- **Alimentation du Supermarché**

La manutention à l'intérieur du supermarché, le remplissage des bins et le lancement des ordres de déclenchement des cartes kanban au magasin 1000 (Raw Material Warehouse), font partie des responsabilités des magasiniers du supermarché. La figure 3-6 présente le flux physique de la matière première dans le SM.

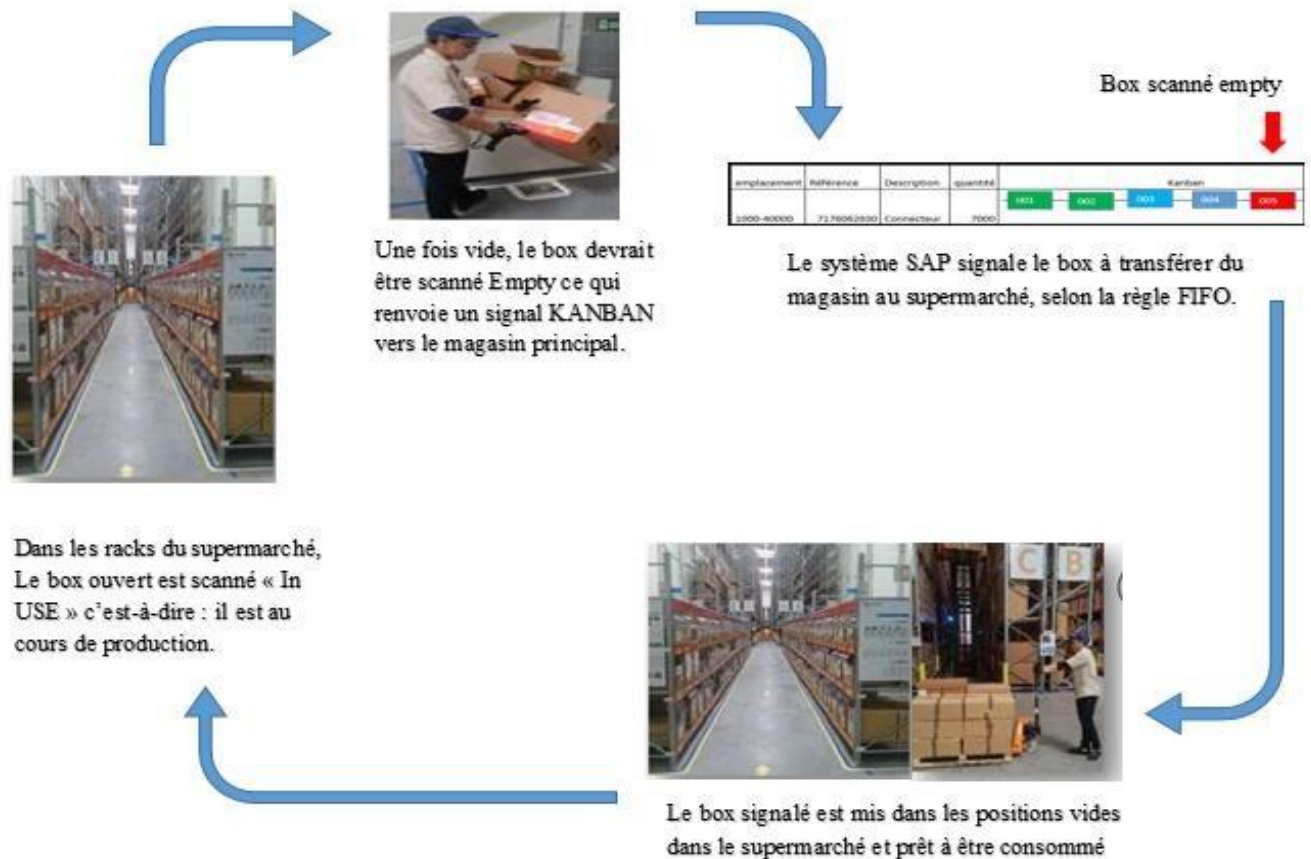


Figure 2.6 : Flux de la matières premières entre le magasin et le supermarché

2.4 Elaboration de la cartographie VSM

2.4.1 Le choix du projet

Dans le cadre de la résolution de notre problématique, nous nous sommes basés sur le projet X10, et ce pour plusieurs raisons :

- Nouveau projet : Le projet X10 est un projet en cours de démarrage qui va bientôt passer à une autre phase « X10 Néo ». Ce projet nécessite une étude d'implantation profonde afin de pouvoir faire face aux anomalies présentes aujourd'hui ainsi que celles qui auront lieu dans le futur. Également, l'amélioration dans le projet X10 est plus faisable en la comparant aux autres projets qui ont déjà dépassés leurs phases de stabilité et qui ont un taux de complexité élevée, ce qui alourdira notre tâche. Dans une vision d'amélioration de la performance globale.
- Coût de la matière première : Le projet X10 est une voiture entièrement électrique qui requière des MP couteuses même si elle contient un nombre de références modeste.
- Le projet X10 s'allonge sur une surface de 5070.02 m². Cette zone contient 11 chaînes dont on trouve trois grandes familles, soit : PDB, PDB Néo, Avant moteur ; et 8 Smalls : signal

batterie, bouclier avant, porte avant, porte arrière, moteur, arrière, bouclier arrière, et le plafonnier. Et il est éloigné du supermarché d'une distance de 127.43m.

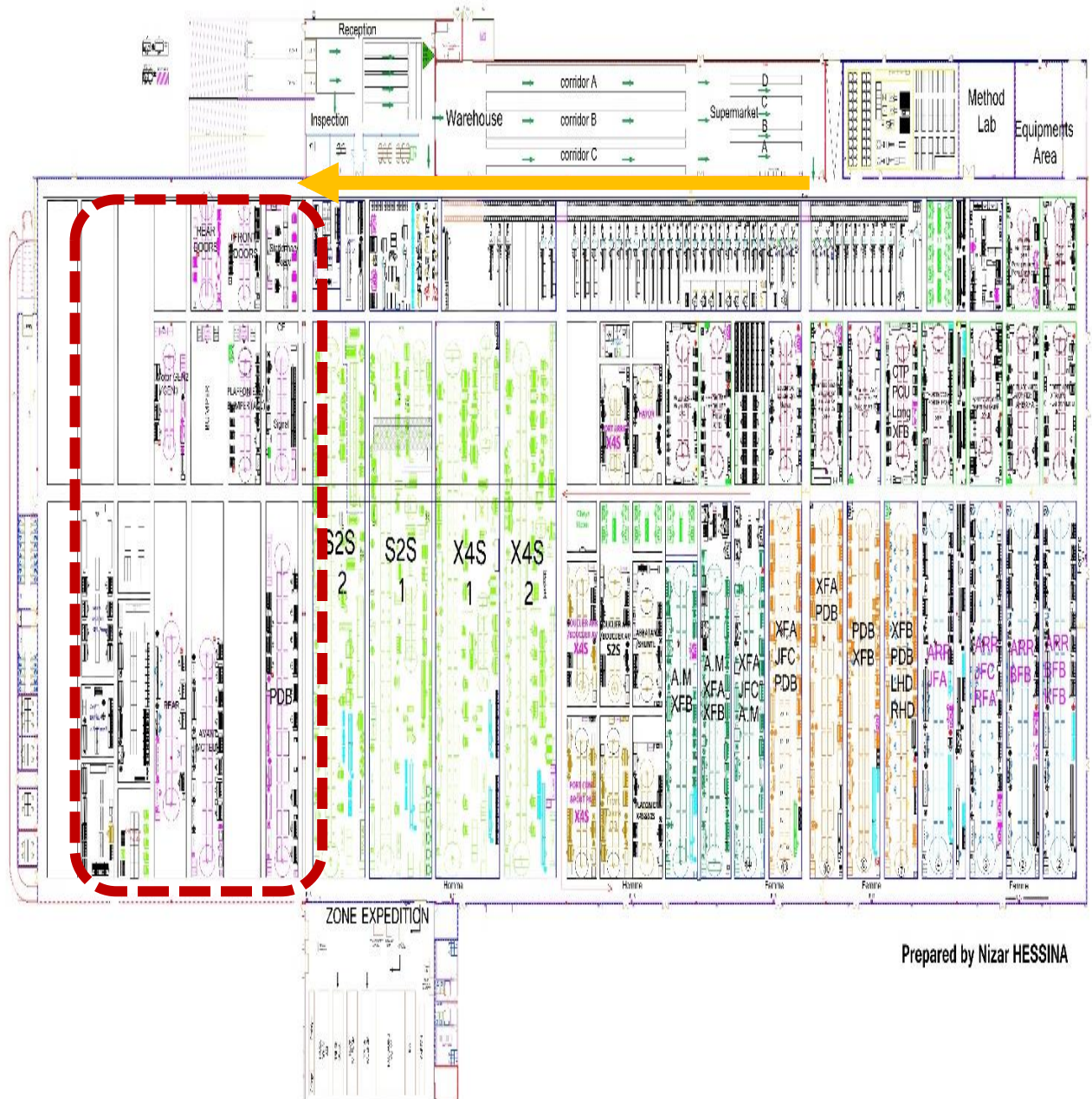


Figure 2.7 : Le lay-out de la zone de production

2.4.2 Le choix de la référence

Avant de commencer la construction de la carte VSM, il est nécessaire de choisir quel sera l'objet de l'étude. Lorsque l'entreprise est de taille modeste et possède plusieurs références des

matières premières, le choix se porte habituellement sur la référence qui remplit l'une des critères suivants la plus chère, la plus consommée ou bien celle qui a une pénétration stable.

Le projet X10 comporte 110 références spécifiques, donc face à cette diversité de références il a fallu faire une étude pour choisir une famille qui soit représentative de toutes les références. Afin filtrer les données, nous avons essayé de les regrouper par famille et le nombre de pénétration dans un câble.

Pour opter pour un choix, le premier filtrage est basé sur la pénétration stable dans tous les câbles de la même famille et le prix élevé.

En effet, d'après la collecte des informations nécessaires à l'analyse, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Choisir les références qui sont utilisées dans une seule famille.
- Supprimer les références usées dans une famille mais qui ne sont pas exploitées dans tous les câbles de cet ensemble.
- Classer les références triées selon le prix le plus élevé.

Le tableau suivant illustre cette explication :

Tableau 2.3 : Le prix des références

Référence	Prix EUR/1000	Prix unitaire
725404633W	7620	7,62
7225899850	2775,07	2,77507
74354545	2496,78	2,49678
74351886	1989,59	1,98959
74351887	1888,59	1,88859
74352940	1753,08	1,75308
7254580030	1419,39	1,41939
7039777030	1382,57	1,38257
7171362250	1290	1,29
7286587030	1284,64	1,28464

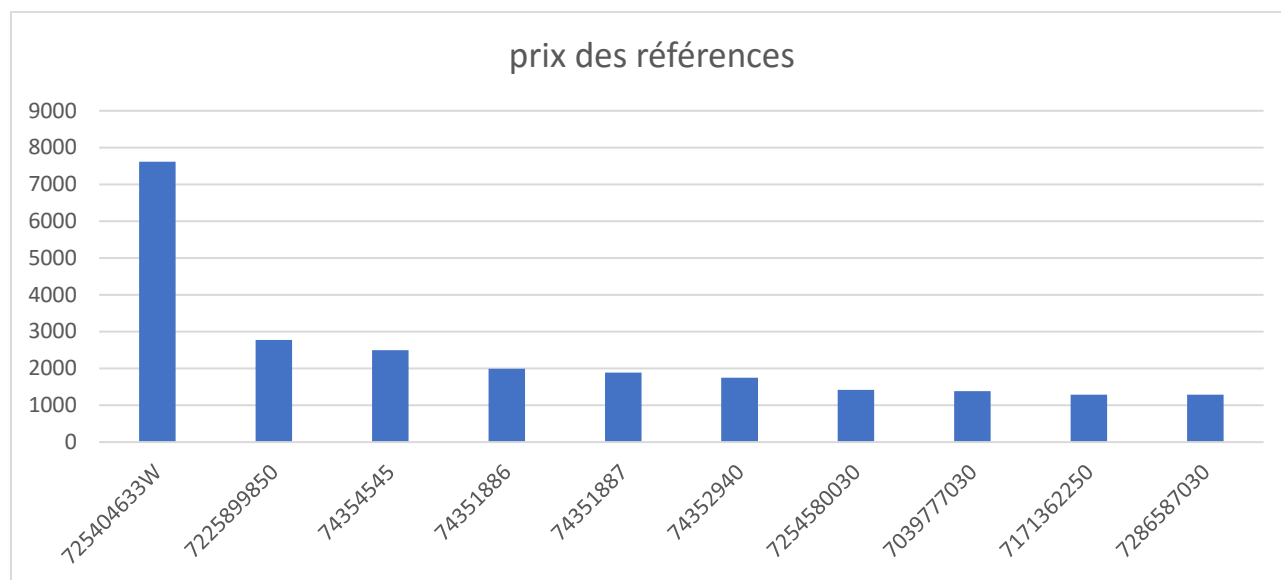


Figure 2.8 : Le prix des références les plus chères

D'après le graphique, on remarque que la référence 725404633W est celle qui a le prix le plus élevé par rapport aux autres références soit une valeur de 7620 EUR. C'est le premier critère sur lequel nous nous sommes basés pour choisir la référence que nous allons suivre pour le VSM, le deuxième va concerner la valeur du besoin la plus élevée.

Tableau 2.4 : La valeur du besoin des références

Référence	Besoin moyen	Prix/1000	Prix uni	Valeur du besoin
725404633W	1281,5	7620	7,62	9765,03
7287185630	9919,625	483	0,483	4791,178875
7287490430	21223,75	224,7	0,2247	4768,976625
7225899850	1251,5	2775,07	2,77507	3473,000105
7286231030	10980	220	0,22	2415,6
7134965830	17914,5	118,23	0,11823	2118,031335
7035298830	30107,625	68,08	0,06808	2049,72711
7254580030	1281,5	1419,39	1,41939	1818,948285
7035023830	2066,625	858,29	0,85829	1773,763571
7286587030	1316,875	1284,64	1,28464	1691,7103

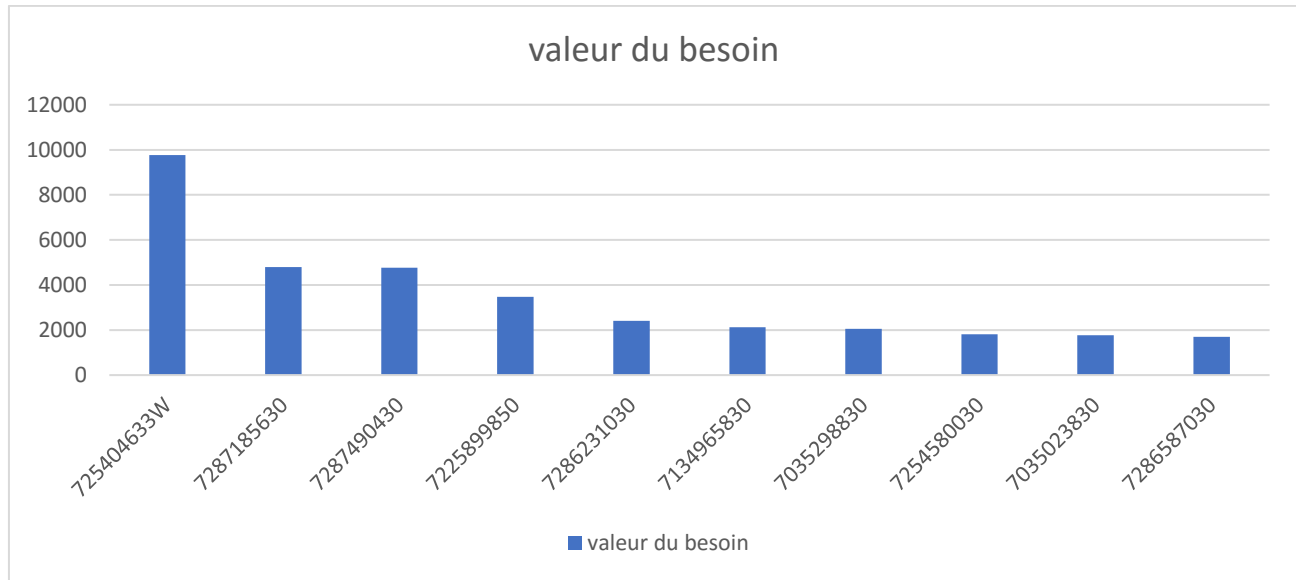


Figure 2.9 : Les références ayant la valeur du besoin la plus élevée

La figure 2-9 montre que la référence 725404633W est celle qui a la valeur du besoin la plus élevée. Donc c'est la référence sur laquelle nous allons travailler pour élaborer le VSM parce qu'elle a la plus haute valeur du besoin ainsi que le prix le plus élevé.

Tableau 2.5: La pénétration de la référence dans une seule famille

	AVANT MOTEUR				
Référence	F000112379	F000124988	F000124989	F000124990	F000125061
725404633W	1	1	1	1	1

2.4.3 Elaboration de la carte VSM

Afin d'obtenir une vision simple et claire du processus et avoir une représentation qui met en évidence l'état de stock de composants et les excès dans les différents postes. Il est nécessaire d'élaborer une carte VSM allant de la matière première jusqu'au produit fini.

Le composant choisi doit vérifier les critères suivants :

- Avoir une pénétration stable.
- Avoir un prix élevé.
- Avoir une valeur du besoin moyen exhaussée.

Donc suite aux filtrages effectués sur cette sélection de données, on déduit que notre choix se porte sur le composant **725404633W** puisqu'il a la valeur du besoin la plus grande et aussi un prix élevé.

Tableau 2.6 : L'élément de la carte VSM

Référence	725404633W
Désignation	Fuse Box Assembly
Prix	7.620,00 €
FRS	MTA-SLOVAKIA
PAYS	SLOVAKIA
Réception	Vendredi
Transit time	2 semaines
Demande	1380
Temps ferme	2 semaines
Temps de couverture	7 jours

D'après la cartographie de flux, que nous allons présenter dans la figure 2.10 nous constatons qu'il y a trois grands problèmes qui sont :

- Le non-contrôle des encours (le WIP).
- Manque de traçabilité des MP.
- La non standardisation du processus de distribution

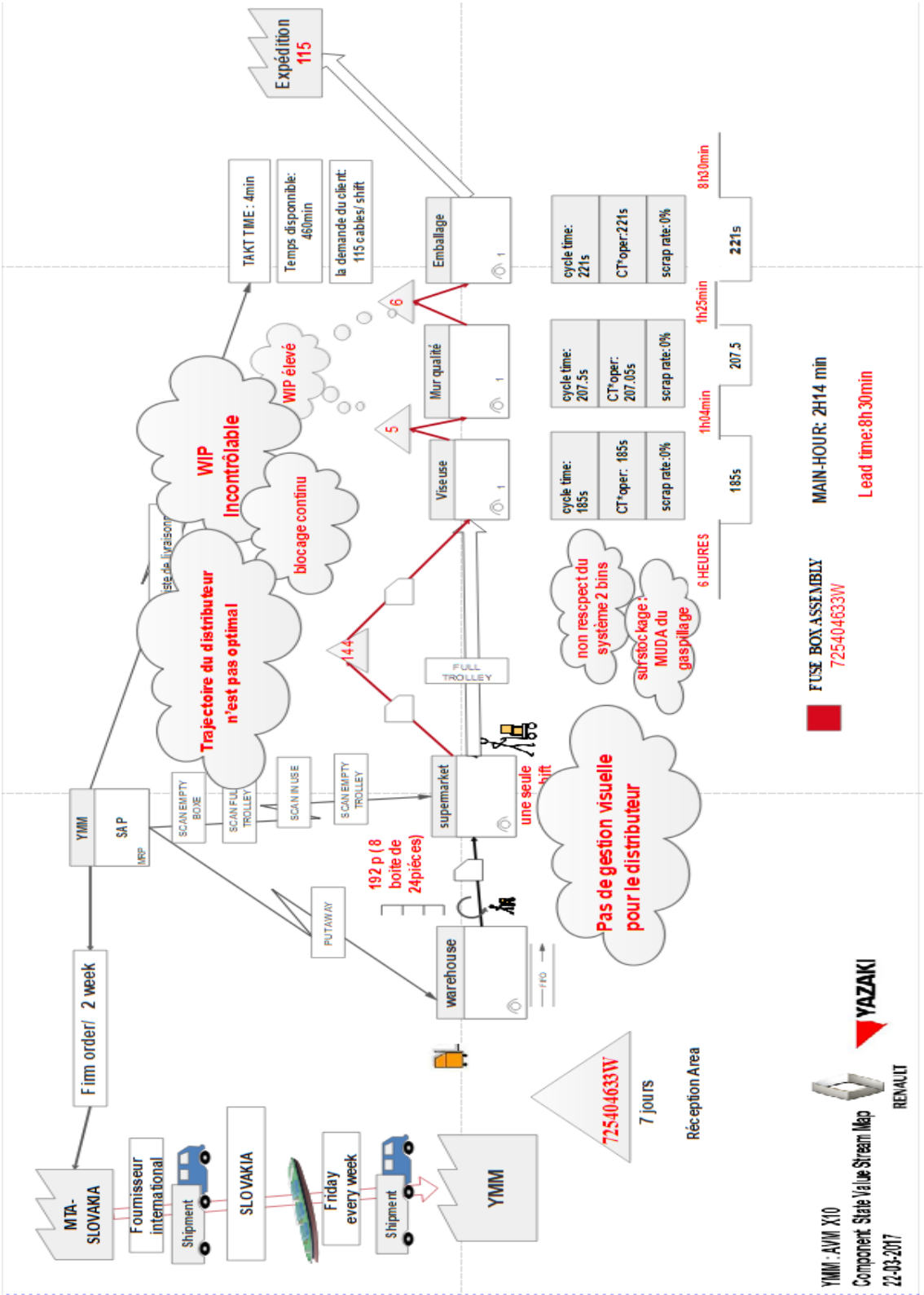


Figure 2.10 : La carte VSM

Phase Mesurer

Pour réussir cette phase, nous allons rassembler les informations nécessaires, pour choisir les différentes variables qui doivent être analysées et les indicateurs pertinents à suivre, afin de mesurer la performance actuelle du système.

2.5 Mesure de la valeur actuelle des encours (WIP)

L'état de stock au sein de la production est une variable de la consommation. Afin de mesurer l'état actuel des encours, nous allons faire un inventaire de l'état d'existant du projet X10, en comparant le stock de production avec le besoin des chaînes de la même période.

$$\text{Encours } i = \text{stock 2000 } i - \text{Besoin } i$$

Le tableau suivant donne un aperçu sur quelques références qui ont une valeur des en-cours importante :

Tableau 2.7 : La valeur des encours de quelques références

Références	Besoin	Stock 2000	Encours	Prix unitaire	Valeur encours
7039777030	0	3716	3716	1,38257	5.137,63 €
7254012230	69	450	381	2,81906	1.074,06 €
7003705602	300	2676	2376	0,34211	812,85 €
7283397030	230	2195	1965	0,46564	914,98 €
7116332402	138	19382	19244	0,02016	387,96 €
74352067	501	2599	2098	0,34512	724,06 €
7114383908	0	5362	5362	0,05218	279,79 €
74352940	0	521	521	1,75308	913,35 €
7287674330	113	256	143	0,51807	74,08 €
7134816930	69	6700	6631	0,0841	557,67 €

D'après les données du tableau 2-7 la valeur actuelle des encours du projet X10 s'élève à **23.611€** (voir l'annexe 1). C'est un chiffre qui est assez important, à noter que cette valeur correspond à une quantité journalière d'un seul projet.

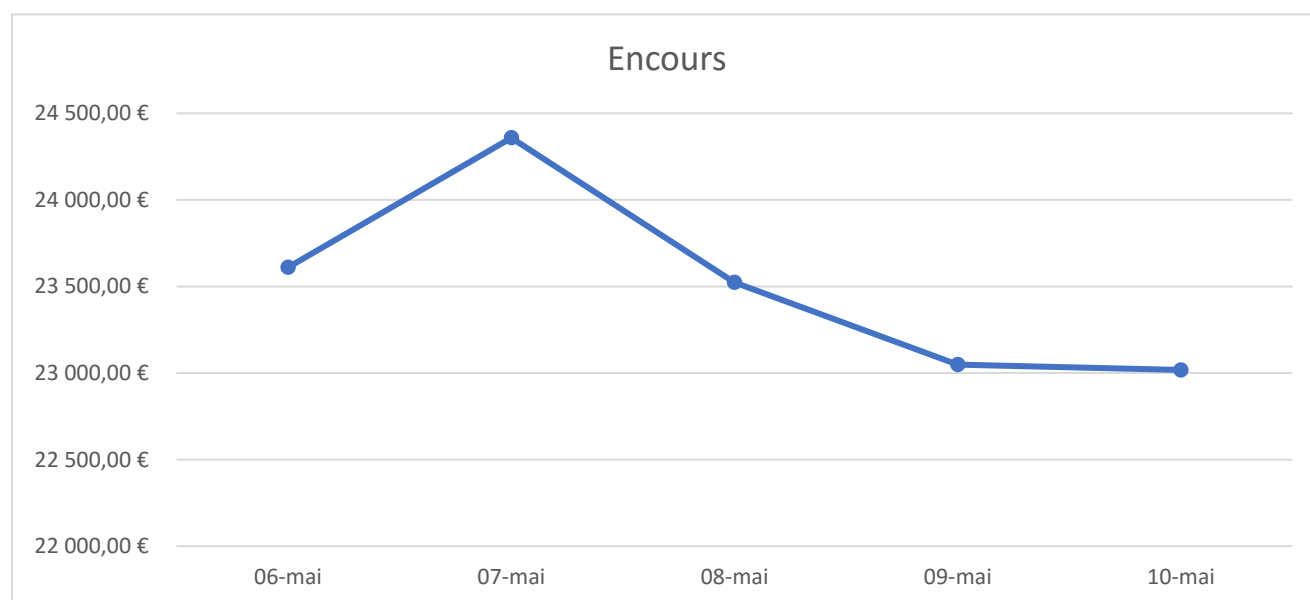
Pour suivre la variation des encours (WIP), nous allons calculer la valeur des encours des références du projet X10 dans une période d'une semaine.

Après avoir collecter les données nécessaires pour le calcul des encours, nous avons redresser le tableau 2.8 qui représente la fluctuation et la valeur moyenne des en-cours de quelques références.

Tableau 2.8 : La fluctuation des encours

Références	Valeur encours (n)	Valeur encours (n+1)	Valeur encours (n+2)	Valeur encours (n+3)	Valeur encours (n+4)	Valeur moyenne des encours
7039777030	5.137,63 €	4.805,81 €	4.474,00 €	4.142,18 €	3.920,97 €	4.496,12 €
7254012230	1.074,06 €	1.028,96 €	904,92 €	961,30 €	1.059,97 €	1.005,84 €
7003705602	812,85 €	1.154,96 €	1.363,65 €	1.363,65 €	1.021,54 €	1.143,33 €
7283397030	914,98 €	1.004,39 €	919,17 €	990,88 €	906,14 €	947,11 €
7116332402	387,96 €	387,56 €	117,77 €	118,18 €	118,18 €	225,93 €
74352067	724,06 €	732,69 €	806,20 €	773,07 €	748,91 €	756,99 €
7114383908	279,79 €	279,79 €	279,79 €	279,79 €	540,69 €	331,97 €
74352940	913,35 €	1.018,54 €	492,62 €	773,11 €	597,80 €	759,08 €
7287674330	74,08 €	374,56 €	327,94 €	437,25 €	390,62 €	320,89 €
7134816930	557,67 €	545,56 €	536,47 €	527,39 €	519,57 €	537,33 €

Afin de visualiser cette variation des encours, nous avons établi le graphe suivant :

**Figure 2.11 : La variation des en-cours**

On remarque que pendant une semaine les encours varient entre une valeur de 23611€ et 24358€, donc en moyenne la valeur des en-cours actuelle dans les chaines de production de la zone X10 et égale à 23511 €

2.5.1 Comparaison entre la quantité demandée et la quantité livrée

Afin d'identifier la raison pour laquelle la valeur des en-cours est élevée dans les chaines de production, nous allons comparer la quantité livrée par les distributeurs et la quantité demandée par les chaines dans une période de huit heures.

La quantité des composants consommés par chaque chaîne dans un intervalle de quatre heures devrait être prédéfinie, dans le but d'éviter le surstock de la matière première dans les postes aussi bien que la rupture de celle-ci. Après avoir construit le flux de la matière première, nous allons collecter les données nécessaires pour calculer la quantité demandée :

- L'output : Nombre des câbles produits / Chaîne/ shift.
- La pénétration : Nombre des pièces d'une certaine référence qui entre dans chaque PN.

Pour chaque chaîne, le besoin maximal (La quantité demandée) en composants par shift et par chaîne est calculé comme suit :

$$\text{Quantité Demandée} = \text{Output} * \text{Max de la pénétration}$$

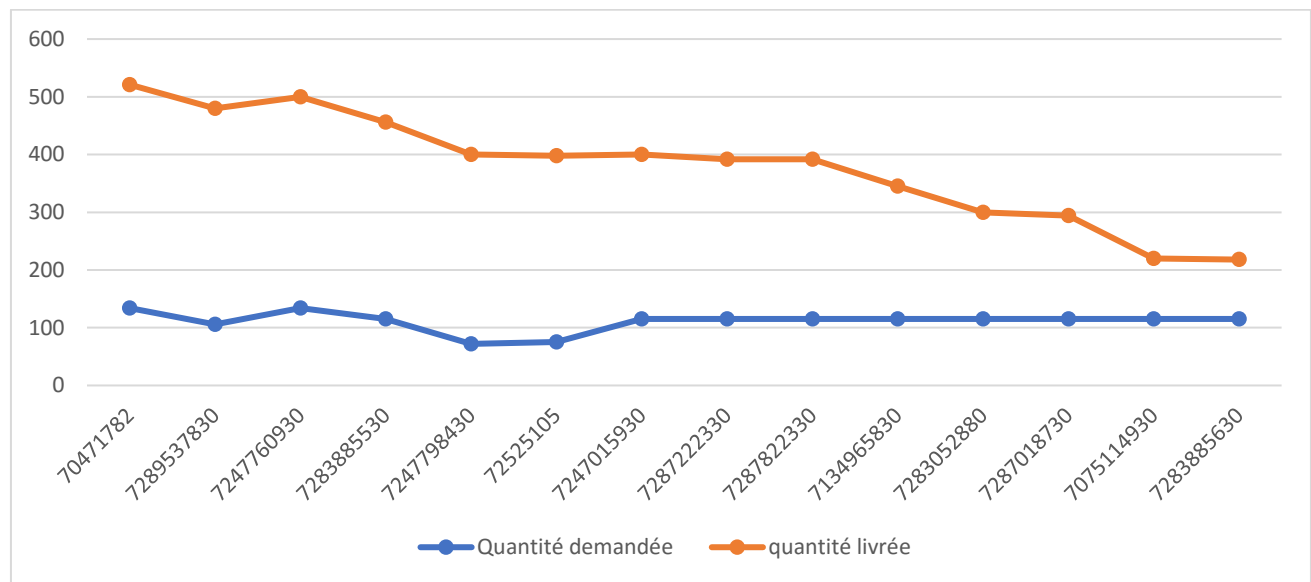
Puisque nous avons choisi les références qui ont une pénétration stable égale à 1, donc Max de la pénétration égale à 1 et **la quantité Demandée = Output**.

L'objectif de cette étude est de comparer la quantité livrée et la quantité demandée du projet X10, pour cette raison, nous nous sommes déplacés vers le super marché pour collecter les différentes quantités livrées des composants. Concernant les quantités demandées, nous les avons récupérées auprès du service planning.

Le tableau suivant présente les références les plus consommées durant un shift (8 heures) :

Tableau 2.9 : Comparaison entre les quantités livrées et les quantités demandées

Références	Quantité livrée	Quantité demandée	Ecart
70471782	521	134	387
7289537830	480	106	374
7247760930	500	134	366
7283885530	456	115	341
7247798430	400	72	328
72525105	398	75	323
7247015930	400	115	285
7287222330	392	115	277
7287822330	392	115	277
7134965830	345	115	230
7283052880	300	115	185
7287018730	294	115	179
7075114930	220	115	105

**Figure 2.12 :** Comparaison entre la quantité livrée et la quantité demandée

D'après la figure 2-12, on constate qu'il y a un écart entre la quantité demandée qui exprime le besoin et la quantité livrée, ceci montre qu'il y a un déséquilibre entre l'output et les inputs du flux physique et notamment des stocks immobilisés dans les chaînes.

Cette variation est due au remplissage des bins au supermarché par les magasiniers. Pour cette raison il s'avère nécessaire de mesurer et analyser le processus de distribution afin de détecter les anomalies.

2.6 Processus de distribution et Flux de distributeurs

2.6.1 Description du processus de distribution

La distribution est une étape fondamentale dans le processus de production, car elle consiste à distribuer les différentes matières premières à savoir les composants (en ce qui concerne ce point, ces derniers peuvent être répartis en deux sous familles, ceux qui sont alimentés en box, et d'autres en volumes c'est à dire dans leurs propres emballages) et les Fils Sheets qui représentent tout élément introduit dans l'enrubannage.

L'alimentation des chaines d'assemblage est assurée par 10 distributeurs répartis comme suit :

Tableau 2.10 : L'affectation des distributeurs

Distributeur1	AV MOTOR (comp+volume)
Distributeur 2	PDB (comp+volume)
Distributeur 3	ARRIERE (comp+volume)
Distributeur 4	SMALLS (comp+volume)
Distributeur 5	PDB-AV MOTOR-ARR (Fils Sheets)
Distributeur 6	SMALLS (fils Sheets)
Distributeur 7	S2S
Distributeur 8	X4S
Distributeur 9	X10
Distributeur 10	GREEN 3

Le cycle de distribution passe par différentes phases qui sont citées et détaillées ci-dessous :

En premier lieu le Distributeur commence par la collecte des commandes volumes : au début de chaque shift il démarre tout d'abord par l'opération de collecte des commandes volumes pour les composants qui ne nécessitent pas la mise dans les bins sur les shelves, l'opération est effectuée en se déplaçant dans les chaines de production et en notant les références dont les opérateurs auront besoin dans les prochaines 4 heures de production qui suivent.

En deuxième lieu, le déplacement entre le supermarché et la zone P3 : Ces déplacements font aussi partie du temps du cycle de distribution, du coup ils ne peuvent être exclus et doivent être intégrés.

Ensuite, la collecte des bins vides : les bins vides sont par la suite collectés par le distributeur concerné dans un chariot pour les ramener par la suite au supermarché afin de les remplir par la matière première. Aussi il répète les mêmes étapes pour la collection des bins vides fils Sheets.

Après avoir défini le besoin des chaines, le distributeur continue son travail en distribuant les volumes. Pendant La distribution des volumes, les magasiniers s'occupent de chercher le box associé à la référence de bins vides pour préparer le chariot. Finalement le distributeur se dirige vers la zone de montage pour alimenter les postes.

Pour bien détailler ce processus, Nous avons décidé de nous concentrer sur le cycle de distribution du projet X10.

2.6.2 Chronométrage du cycle de distribution du projet X10

Tout en restant dans l'optique d'amélioration du processus d'alimentation des matières premières au sein des chaines de production, lors du suivi de la distribution, on a remarqué que le distributeur effectue plusieurs mouvements inutiles au détriment du temps nécessaire pour effectuer chaque action ayant une valeur ajoutée dans son cycle. Donc il apparaît nécessaire de procéder au chronométrage du cycle de distribution, afin de déceler les différents gaspillages qui vont par la suite être traduits par le temps de non-valeurs-ajoutées.

- **Le nombre de chronométrage à réaliser**

Nous avons effectué le chronométrage à plusieurs reprises en fixant les paramètres suivants : le distributeur, le même le nombre de boites à distribuer et le même shift de travail pour chaque opération du cycle. Les durées mesurées suivent une loi normale ceci était vérifié par le logiciel de test de normalité SPSS. Ainsi le nombre de chronométrages à réaliser (la taille de l'échantillon) permettant d'obtenir un résultat fiable dans notre étude sera calculé comme suit :

$$N = \left(\frac{\sigma * Z}{P * X} \right)^2$$

Avec :

N : le nombre de chronométrages à réaliser.

$\bar{X}$: Moyenne des durées du chronométrage

P : Précision voulu de l'estimation (on prend une valeur de 5%)

σ : Ecart type des premiers chronométrages.

Z : Issue de la loi Normal avec un niveau de confiance de 95%.

On a utilisé le logiciel SPSS pour tester la normalité de distribution :

	VAR00001	var	var	var	var
1	5,40				
2	5,55				
3	5,49				
4	5,63				
5	5,53				
6					
7					
8					

Figure 2.13 : Logiciel SPSS

Nous avons effectué le test de Kolmogorov Smirnov pour tester la normalité de la distribution et pour calculer le nombre d'échantillons à prendre :

Tests de normalité						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
VAR00001	,161	5	,200 [*]	,986	5	,964

*. Il s'agit de la borne inférieure de la vraie signification.

a. Correction de signification de Lilliefors

Figure 2.14 : Test de normalité

Nous avons trouvé que $P=0.200 > 0.05$ donc la distribution suit la loi normale, donc nous pouvons calculer le nombre d'échantillon par la formule précédente :

Tableau 2.11 : Le nombre d'observation

Nombre d'observations de l'échantillon	5
Moyenne de l'échantillon	5,52
Ecart type de l'échantillon	0,075
Niveau de confiance (en %)	95%
Marge d'erreur relative (en %)	5%
Nombre d'observations à réaliser	1

Puisque la relation nous a fourni un nombre d'observation à réaliser inférieur au nombre d'observation de l'échantillon, donc nous allons se baser sur le nombre d'observation du départ qui est 5.

- **Flux de distribution actuel**

Nous avons fait le chronométrage de l'état actuel du distributeur de composants de la zone X10 :

Tableau 2.12 : Chronométrage de l'état actuel

	Echantillon 1		Echantillon 2		Echantillon 3		Echantillon 4		Echantillon 5	
Opérations	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 1	Cycle 2
Collection des commandes volumes	00:17:00	00:16:50	00:18:55	00:23:50	00:22:00	00:17:00	00:21:43	00:23:45	00:19:00	00:17:41
Déplacement du /au supermarché au P3	00:13:16	00:14:10	00:14:23	00:13:00	00:11:58	00:14:10	00:12:25	00:14:58	00:13:00	00:12:30
Collection des bins vides	00:20:56	00:23:38	00:21:53	00:22:41	00:16:10	00:28:00	00:18:53	00:21:23	00:26:00	00:20:00
Collection des bins vides fil sheet	00:21:48	00:23:33	00:21:45	00:23:46	00:18:56	00:26:44	00:20:36	00:25:56	00:24:00	00:25:45
Distribution volumes	00:31:58	00:27:00	00:32:54	00:31:02	00:30:16	00:32:00	00:29:58	00:31:37	00:30:00	00:30:57
Préparation des composants	00:25:00	00:25:00	00:25:00	00:25:00	00:25:00	00:25:00	00:23:04	00:23:24	00:25:00	00:25:00
Distribution des composants	00:32:51	00:31:37	00:23:23	00:36:00	00:26:55	00:35:49	00:34:56	00:35:52	00:32:00	00:32:00
TVA	02:42:49	02:41:48	02:38:13	02:55:19	02:31:15	02:58:43	02:41:35	02:56:55	02:49:00	02:43:53
Communication	00:09:45	00:10:55	00:08:59	00:15:45	00:09:43	00:10:58	00:02:45	00:09:00	00:04:00	00:16:00
Marche inutile	00:19:06	00:26:20	00:19:43	00:23:39	00:25:36	00:17:46	00:21:17	00:21:58	00:19:00	00:21:00
Attente	00:09:57	00:17:57	00:13:07	00:06:14	00:11:06	00:10:25	00:10:34	00:13:11	00:05:00	00:15:11
Séparation	00:13:23	00:23:00	00:14:58	00:19:03	00:17:20	00:22:08	00:18:49	00:18:56	00:18:00	00:23:56
NTVA	00:52:11	01:18:12	00:56:47	01:04:41	01:03:45	01:01:17	00:53:25	01:03:05	00:46:00	01:16:07
Total TVA	05:24:37		05:33:32		05:29:58		05:38:30		05:32:53	
Total NTVA	02:10:23		02:01:28		02:05:02		01:56:30		02:02:07	
Total cycle	07 :35:00		07:35:00		07:35:00		07:35:00		07:35:00	

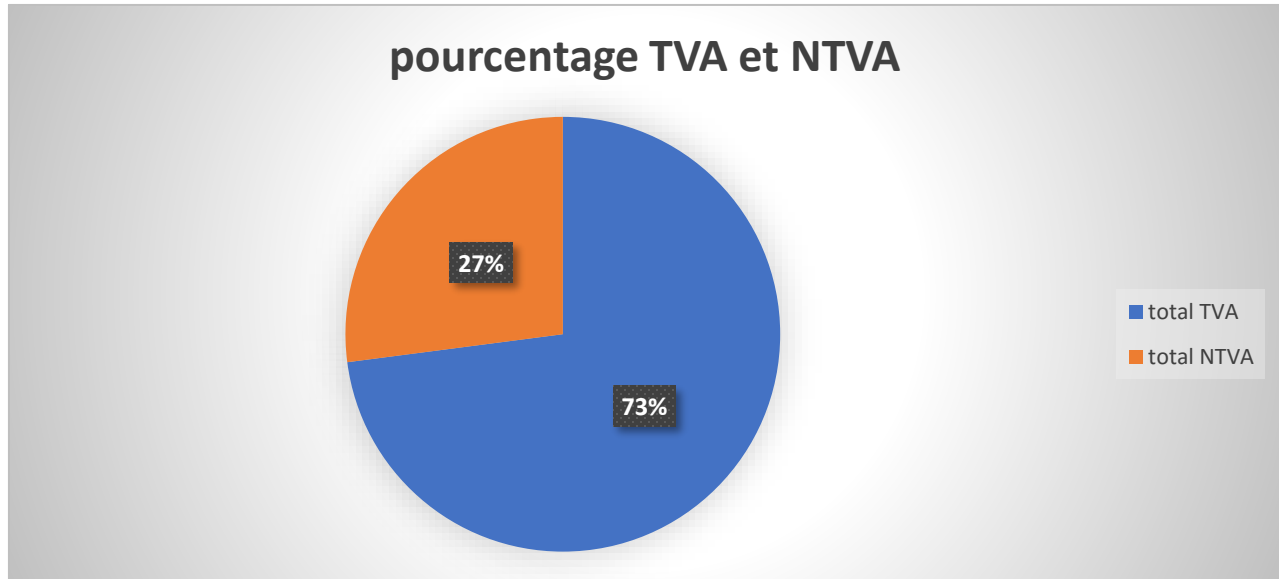


Figure 2.15 : Pourcentage de TVA et NTVA

La figure 2-15 illustre le pourcentage de temps à-valeur-ajoutée et le temps de valeur de non-valeur-ajoutée, donc le distributeur gaspille 27% de son temps de fonctionnement nette qui est l'équivalent de deux heures et trois minutes. Cette durée englobe le temps de communication du distributeur avec les opérateurs, la marche, l'attente et la séparation des bins dans le chariot.

Pour déceler les causes liées au temps de non-valeur-ajoutée, nous allons suivre le circuit de distribution dans la partie suivante.

2.6.3 Les circuits de distribution

L'implantation du projet X10 connaît plusieurs problèmes, à savoir :

- Le circuit de distribution de la matière première aux différentes chaînes. En effet, les allées de service ne sont pas bien définies et connaissent de l'encombrement ce qui complique la tâche du distributeur.
- Le management visuel n'est pas encore mis en place, preuve que le projet n'a pas encore d'implantation fixe.

Afin de détecter les anomalies présentes dans la zone X10, et qui sont en relation directe avec la distribution de la matière première, nous avons accompagné le distributeur lors de ses tournées.

Lors des tournées de distribution, le distributeur livrait pour toute les chaines le besoin demandé. Nous avons pu avoir le schéma de routage de 4 tournées différentes, ainsi que le temps écoulé pour chaque tournée, et donc la vitesse moyenne du distributeur.

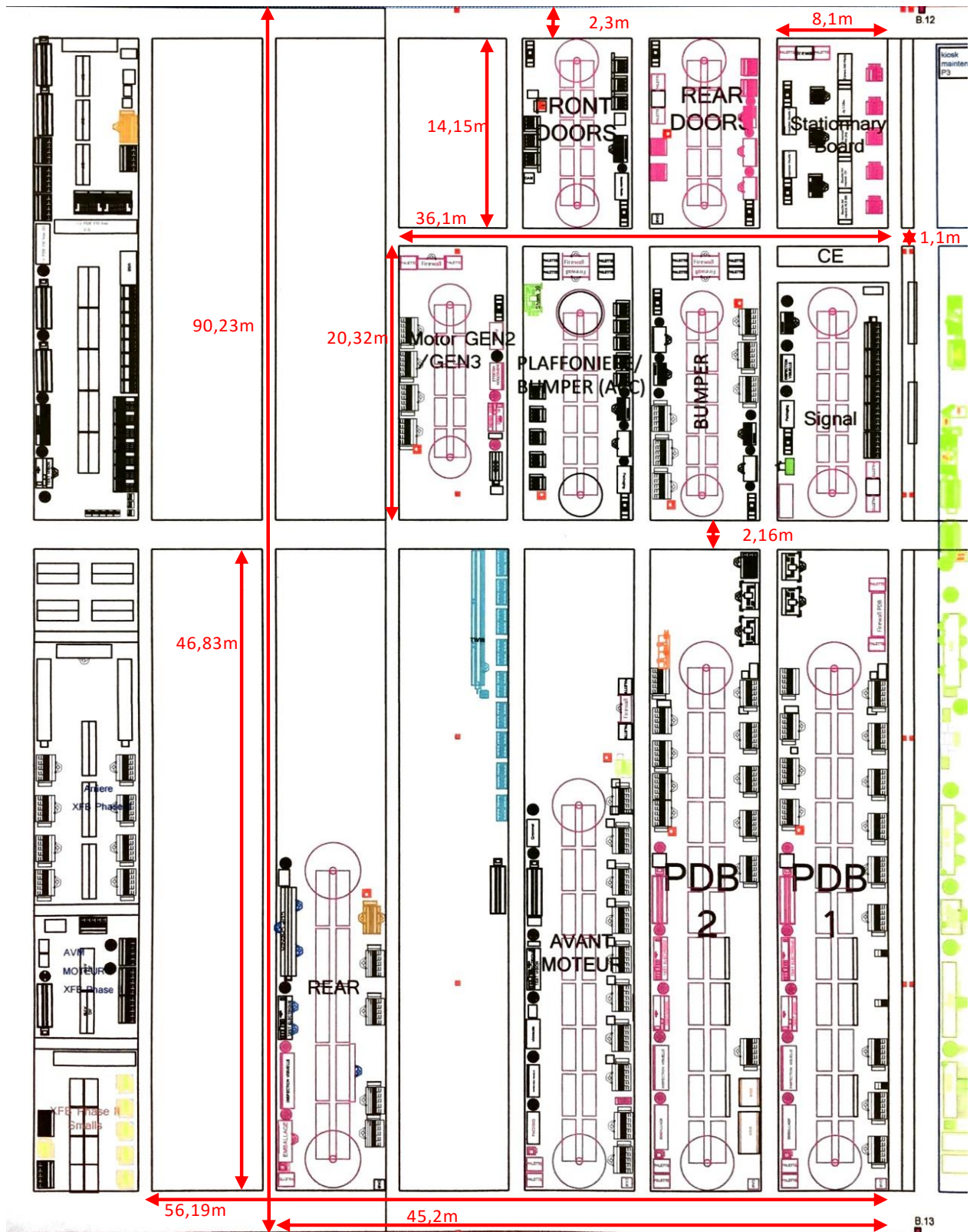


Figure 2.16 : Le lay-out de la zone X10

La première tournée du distributeur

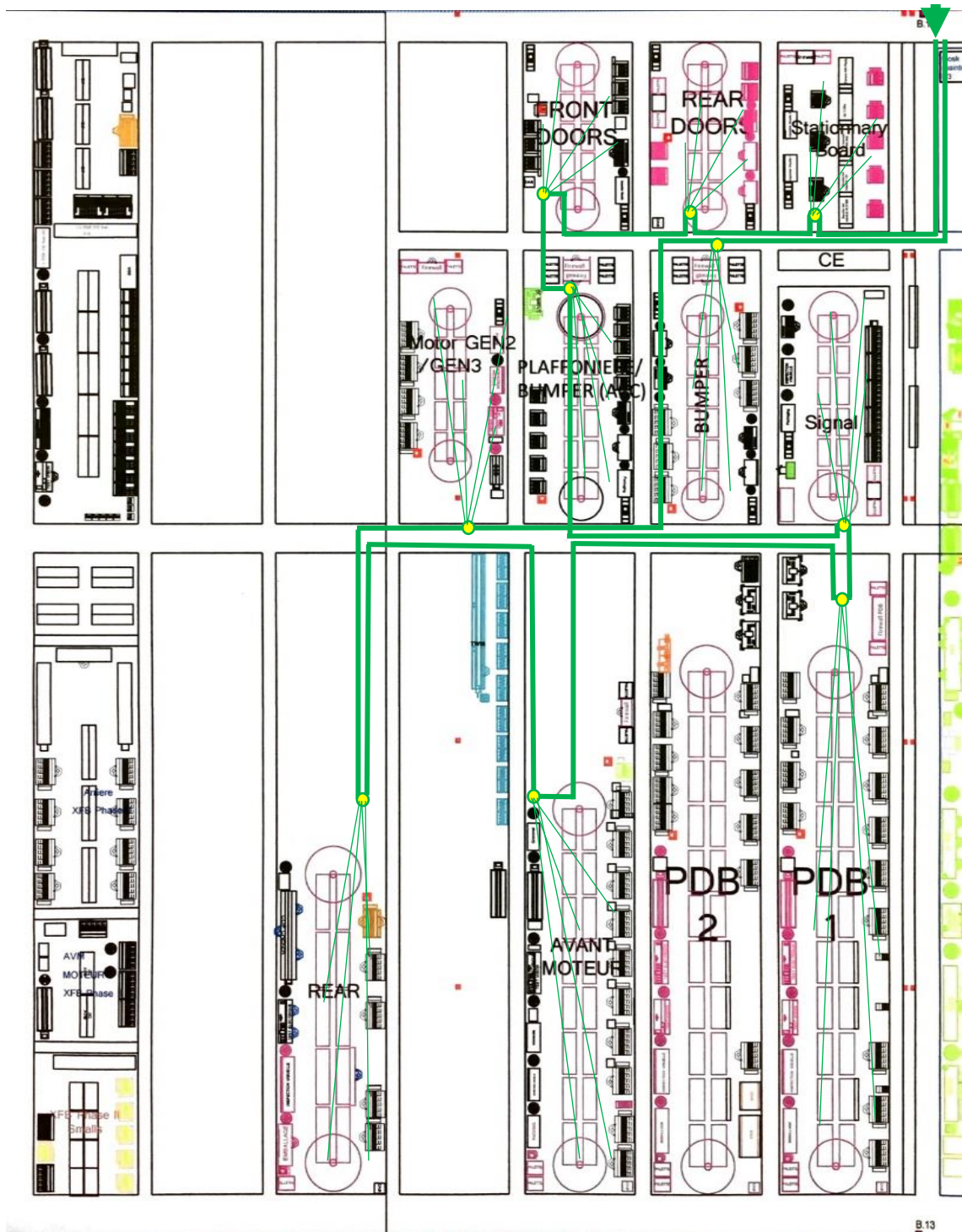


Figure 2.17 : Tournée de distribution 1

La deuxième tournée du distributeur

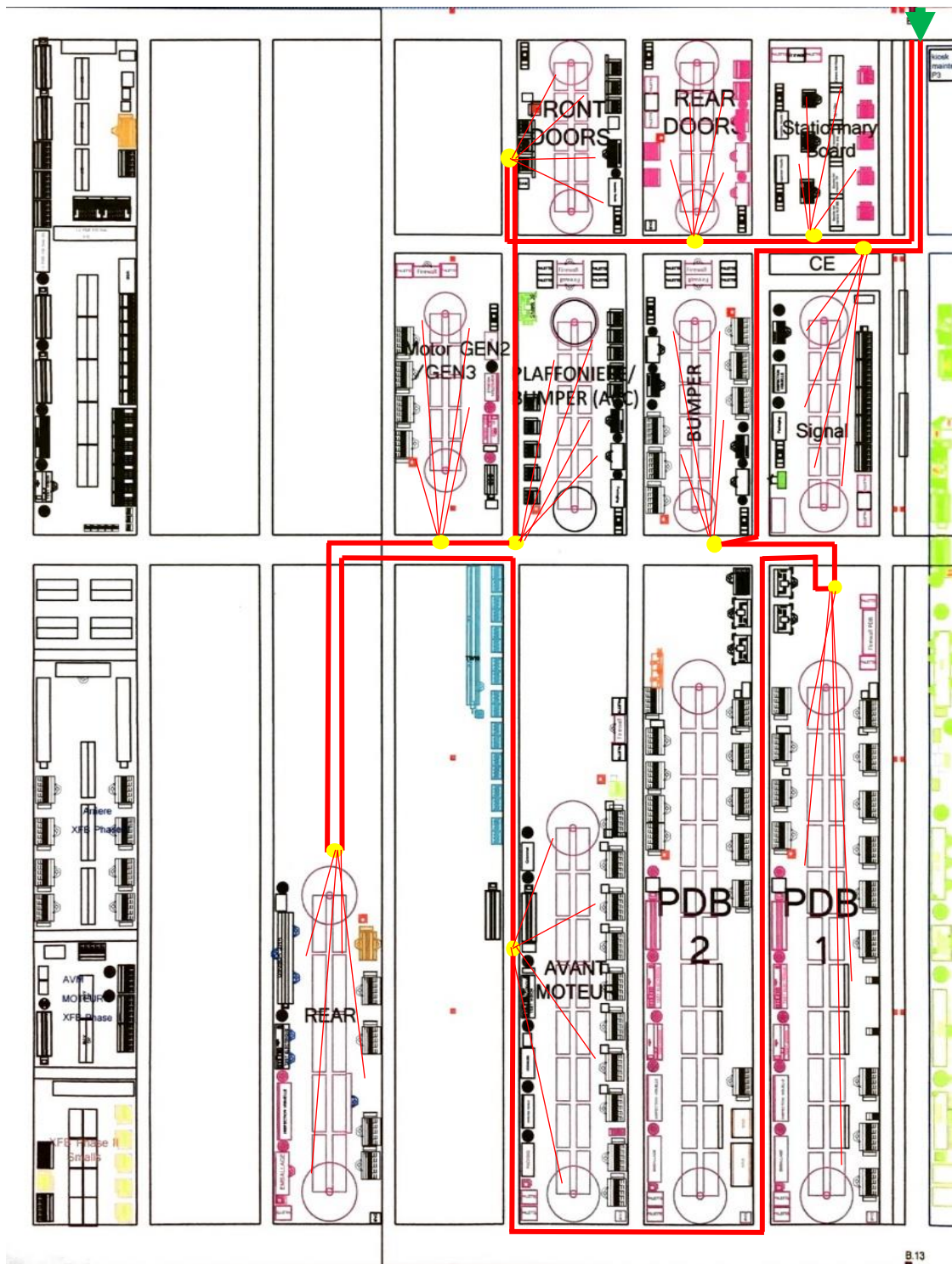


Figure 2.18 : Tournée de distribution 2

La troisième tournée du distributeur

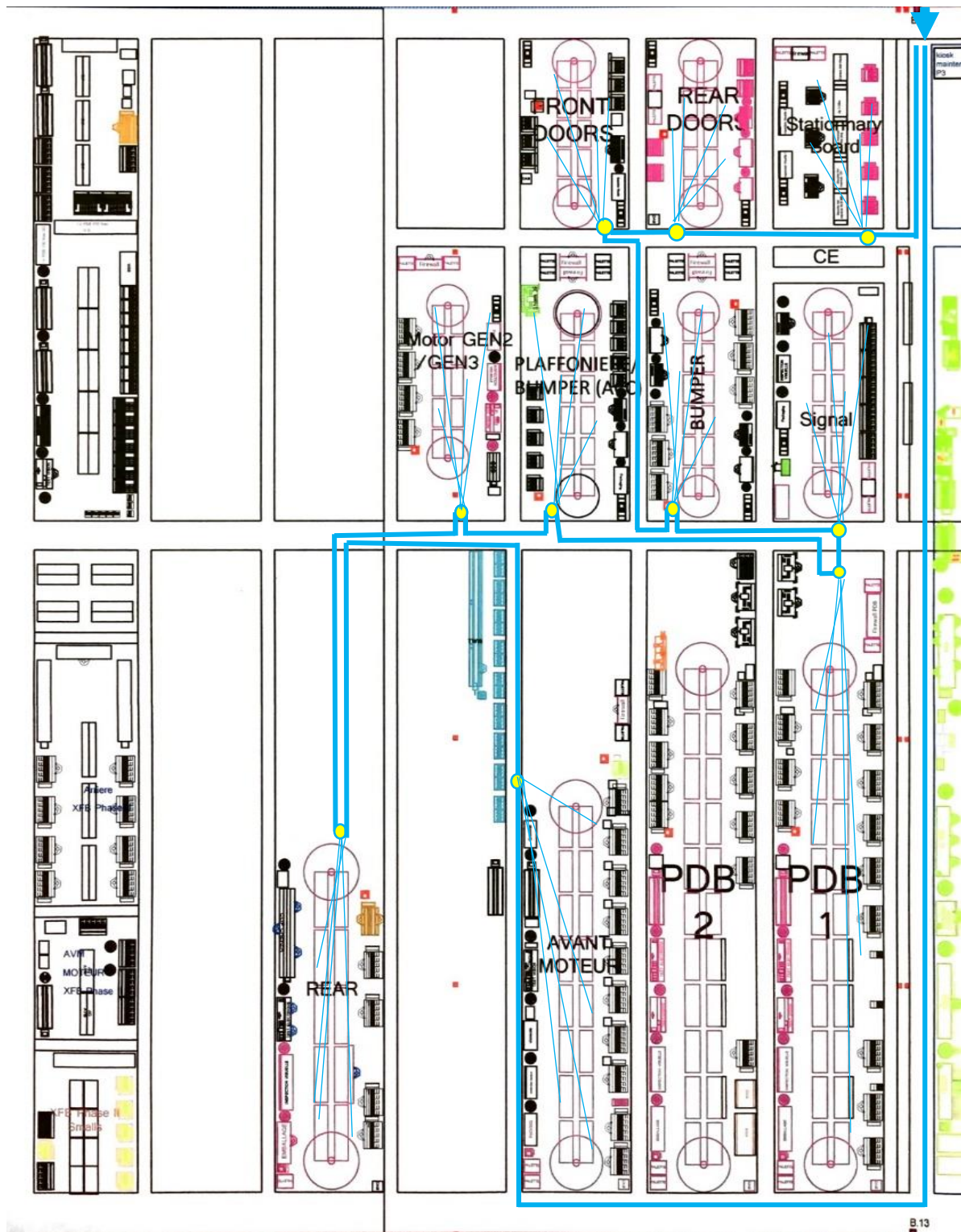


Figure 2.19 : Tournée de distribution 3

La quatrième tournée du distributeur

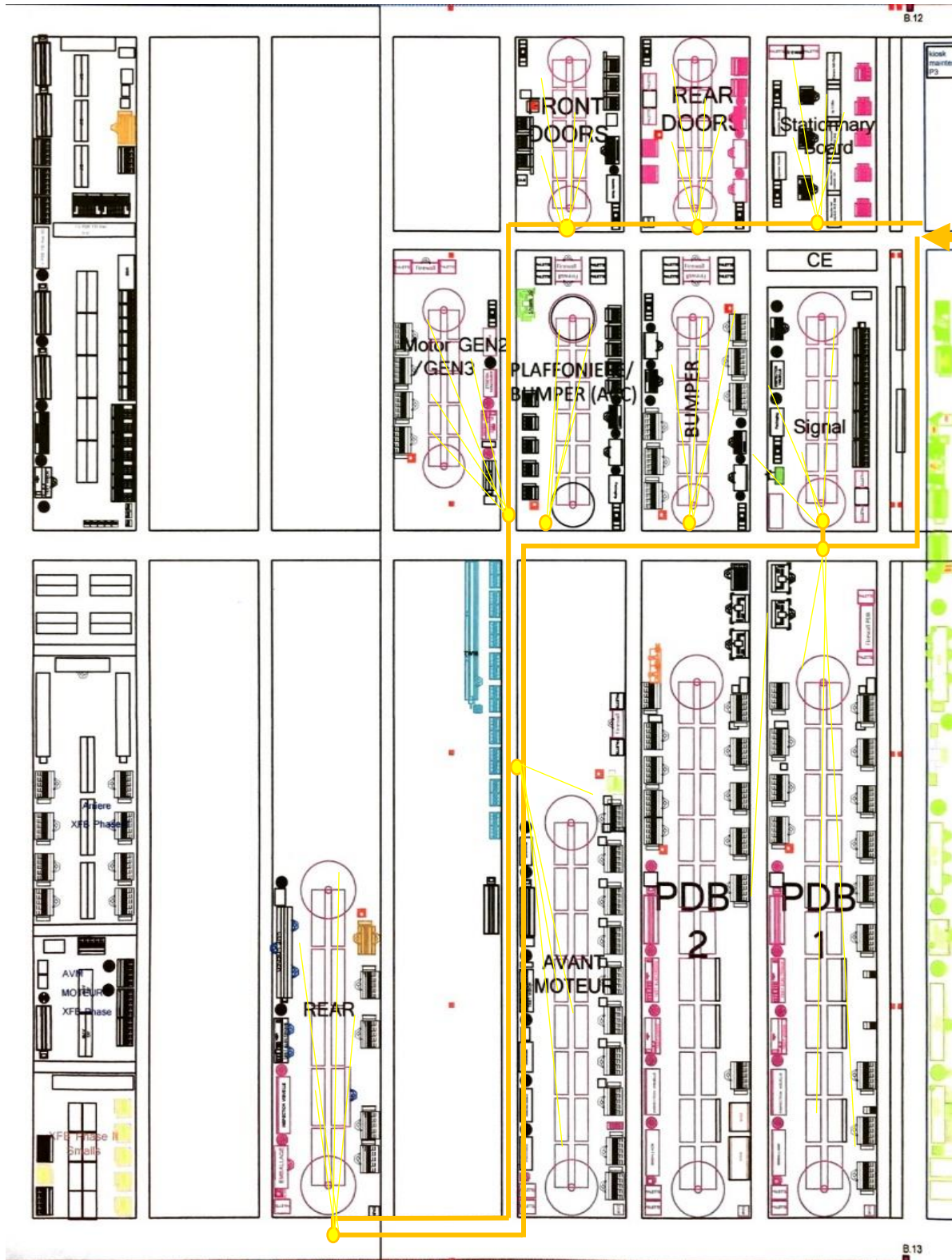


Figure 2.20 : Tournée de distribution 4

Après avoir établi les schémas de routage des tournées de distribution spécifiques aux composants, nous avons pu à l'aide du distancier, de définir le temps total d'une tournée tout en calculant le temps des allers-retours effectués au sein des chaînes. Ce temps est dédié seulement à la distribution des bins à partir du chariot. A chaque fois que le distributeur arrive devant une famille, il doit effectuer des allers-retours dans les chaînes pour la simple raison que le distributeur doit à chaque fois emporter que deux bins à la fois (cette limite rentre dans le processus de distribution défini par l'ingénierie), également parce que le chariot ne peut pas passer dans la chaîne de distribution. Ces allers-retours représentent des MUDA de mouvement qui détiennent une durée flagrante par rapport au TVA.

Tableau 2.13 : Distance parcourue et temps écoulé

Composants	Distance totale	Distance opérateur + chariot	Temps opérateur + chariot	Vitesse opérateur + chariot	Distance opérateur seul	Temps opérateur seul	Vitesse opérateur seul	Temps total s	Temps min
Tournée 1	2123,86	495,86	566,00	0,88	1628,00	2145,00	0,76	2711,00	45,18
Tournée 2	2151,16	523,16	478,00	1,09	1628,00	2145,00	0,76	2623,00	43,72
Tournée 3	2204,71	576,71	551,88	1,05	1628,00	2145,00	0,76	2696,88	44,95
Tournée 4	2134,91	506,91	524,75	0,97	1628,00	2145,00	0,76	2669,75	44,50

Le tableau ci-dessus présente les différentes données relatives aux tournées de distribution que nous avons traité. A savoir : les distances, les temps opératoires, et donc les vitesses moyennes.

En moyenne, la distance total qu'un distributeur parcourt pour une seule tournée est de : **2153,66m soit 2km153,66m.**

2.6.4 Etude de capacité du chariot

Le distributeur fait des allées -retours au supermarché pour distribuer le nombre de bins nécessaires aux chaînes, cette muda de mouvement est due à la capacité du chariot. En effet le nombre de bins que peut contenir ce chariot est trop minime par rapport au nombre de bins que demandent les chaînes.

Tout d'abord, nous avons essayé de calculer le volume total du chariot pour savoir si celui-ci pourra alimenter toutes les chaînes en cas d'une production « high-Runner », ensuite nous avons déterminé le besoin de chaque référence par cycle de distribution. Cela était dans l'objectif d'attribuer chaque référence dans le bin adéquat.

Nous avons supposé une situation où toutes les chaînes fonctionneront et lorsque le chariot sera rempli à sa capacité maximale et puis nous avons calculé le volume total des bins utilisés pour comparer celui-là avec le volume du chariot.

Pour calculer le volume du chariot je me suis basée sur les différentes dimensions représentées ci-dessous :

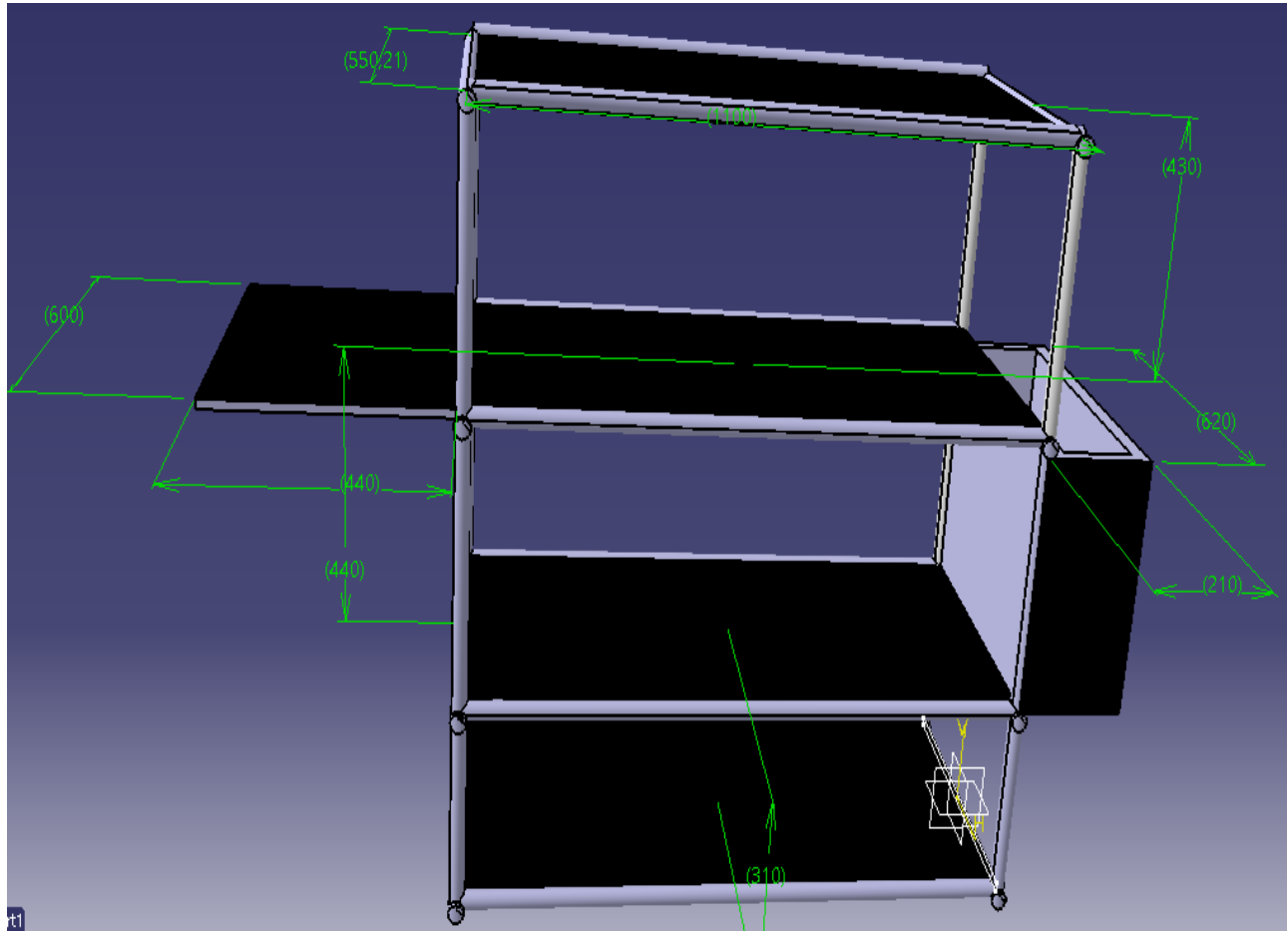


Figure 2.21 : Les dimensions du chariot actuel sous Catia V5

Donc le volume total du chariot est :

$$V = (110 \times 55 \times 31) + 2 \times (110 \times 55 \times 44) + (110 \times 55 \times 15) = 810700 \text{ cm}^3.$$

La répartition des bins s'est faite par famille et en fonction des besoins comme le montre le tableau suivant :

Tableau 2.14 : le volume des bins demandé dans chaque famille

Les familles	Bin A	Bin B	Bin C	Bin H	VA Cm3	VB Cm3	VC Cm3	VH Cm3	V /famille Cm3
ARR	1	21	5	1	9240	6720	1536	13125	171165
PDB	2	41	13	2	9240	6720	1536	13125	340218
MOTOR	1	14	8	3	9240	6720	1536	13125	154983
PORTE AVANT	0	11	3	0	9240	6720	1536	13125	78528
POTRE ARR	0	8	2	0	9240	6720	1536	13125	56832
BOUC/PLAF	1	9	6	2	9240	6720	1536	13125	105186
ST BORDS	0	2	1	0	9240	6720	1536	13125	14976
AVM	2	19	1	1	9240	6720	1536	13125	160821
SIGNAL BATTE	0	10	2	4	9240	6720	1536	13125	122772

Ce tableau, nous a aidé à calculer le volume total du besoin demandé dans une période de 4 heures, afin de le comparer avec la capacité maximale du chariot :

Tableau 2.15 : La capacité du chariot actuel

Volume total du besoin de 4h	1205481 cm³
Capacité du chariot	810700 cm³
Capacité du chariot / au besoin	67.25%

Ces différents tableaux nous ont permis d'en tirer la conclusion suivante : Le besoin des chaînes dépasse largement la capacité du chariot, donc ce dernier ne pourra pas alimenter toutes les chaînes. A cet égard, il faut redimensionner où concevoir un nouveau chariot.

Phase analyser

Les phases 1 et 2 ont permis de dresser une cartographie du procédé afin d'identifier les causes et de récolter des données à partir de moyens de mesure fiables. Il s'agit maintenant d'analyser ces données afin de déterminer les paramètres réellement influents dans la variabilité du processus.

2.7 Analyse de la valeur du encours

2.7.1 Le besoin de sécurité des chaînes

Pour déterminer la valeur exacte des encours, il faut qu'on retranche une quantité de sécurité pour les postes, en fait pour assurer la continuité de production entre deux shifts, il fallait qu'on laisse une quantité dans les chaînes. Cette quantité correspond au besoin lors de la préparation des commandes dans le supermarché, qui est égale à une heure et demi.

Le tableau 2-16 montre le besoin d'une heure et demi des dix premières références ayant la valeur des encours la plus élevée.

Tableau 2.16 : Le besoin de sécurité des chaînes de X10

Référence	Besoin06	Besoin07	Besoin08	Besoin09	Besoin10	Besoin moyen	Besoin 1,5H
7039777030	0	0	0	0	0	0	0
7254012230	69	79	79	69	69	73	8
7003705602	300	300	300	300	300	300	29
7283397030	230	230	230	230	230	230	23
7116332402	138	158	158	138	138	146	15
74352067	501	501	501	501	501	501	48
7114383908	0	0	0	0	0	0	0
74352940	0	0	0	0	0	0	0
7287674330	113	113	113	113	113	113	12
7134816930	69	79	79	69	69	73	8

Donc pour chaque référence, il faut qu'on laisse une quantité pour ne pas causer une rupture et arrêt de production.

A cet égard, nous pouvons calculer les quantités restantes dans les chaînes et qui représentent un surplus.

2.7.2 La valeur des encours restants

Après avoir déterminé la quantité de sécurités des postes, donc la valeur des en-cours réels dans les chaînes de production est :

$$\text{Surplus des chaînes} = \text{Encours} - \text{Quantité de sécurité}$$

Nous avons dressé le tableau suivant qui expose la valeur des encours résidu de quelques références dans les chaînes.

Tableau 2.17 : La valeur des surplus des chaînes

Références	Qté moyenne	Besoin 1,5H	Qté restante	Prix unitaire	Valeur en-cours
7039777030	3356	0	3356	1,38 €	4.639,90 €
7254012230	352	8	344	2,82 €	969,76 €
7003705602	3431	29	3402	0,34 €	1.163,86 €
7283397030	2056	23	2033	0,47 €	946,65 €
7116332402	12543	15	12528	0,02 €	252,56 €
74352067	2199,25	48	2151,25	0,35 €	742,44 €
7114383908	5362	0	5362	0,05 €	279,79 €
74352940	456	0	456	1,75 €	799,40 €
7287674330	585,75	12	573,75	0,52 €	297,24 €
7134816930	6442	8	6434	0,08 €	541,10 €

Après avoir calculer la valeur du surplus des chaînes, nous pouvons estimer une valeur du surstock dans les chaînes du projet X10 de 23.431 €/ jour. Ces écarts en termes de coût vont nous permettre de chiffrer la perte engendrée par ce type de gaspillage.

2.7.3 Analyse du MUDA : Sur stockage de la matière première

En effet, l'existence de ce sur stockage génère des coûts superflus, Pour les quantifier, il faudra savoir auparavant la valeur exacte du taux de possession de stock. Le taux de possession représente la part du coût de stockage dans la valeur du stock lors de la sortie de la marchandise, il est généralement exprimé en % de la valeur totale de l'article.

Ce taux de possession exprime l'ensemble des coûts de stockage dus aux :

- Charges relatives au personnel (magasiniers, personnels de surveillance...).
- Charges relatives aux marchandises entreposées.
- Charges relatives aux outils et autres matériels de travail utilisés.

- Charges relatives à l'infrastructure logistique (amortissements des installations de stockage, intérêts du capital investi dans l'implantation, charges d'entretien et de maintenance, électricité,).

Le taux de possession annuel, fixé par le département finance de YMM, vaut les 5 % de la valeur totale des matières premières, en le multipliant par la valeur des encours des chaînes du projet X10.

Tableau 2.18 : Le coût du sur stockage des chaînes X10

Références	Valeur encours	Taux de possession	Coût de stockage
7039777030	4.639,90 €	5%	232,00 €
7254012230	969,76 €		48,49 €
7003705602	1.163,86 €		58,19 €
7283397030	946,65 €		47,33 €
7116332402	252,56 €		12,63 €
74352067	742,44 €		37,12 €
7114383908	279,79 €		13,99 €
74352940	799,40 €		39,97 €
7287674330	297,24 €		14,86 €
7134816930	541,10 €		27,05 €

On aura une perte journalière de sur stockage de : **1171.58 €** et une perte mensuelle de **35147.4 €**, nous pouvons estimer une perte annuelle de **421 768,8 €**. (Voir annexe 2)

Ceci est considéré comme argents immobilisé.

Ce résultat est critique car plus la valeur du WIP (les encours) est importante, plus on aura de l'espace occupé par les bins, l'obsolescences ou l'endommagement de certains types de composants et donc le risque de produire un ou plusieurs câbles défectueux due à un composant non-conforme.

2.7.4 Analyse muda de surproduction

La présence des encours de production signifie automatiquement la présence d'un surplus de stock circulant, chose qui impacte directement le service d'approvisionnement, si on ne dispose pas d'un outil de contrôle continu au niveau des encours de production, le problème ira s'étendre jusqu'au service approvisionnement, ce dernier ne cessera pas de commander les matières premières de manière continue, causant ainsi un surplus de stockage qui va engendrer des coûts supplémentaires, afin d'illustrer le problème d'une manière plus claire, le tableau ci-dessous mets en évidence la valeur des encours pour un échantillon de références sur lesquelles on a travaillé, on

peut alors constater que la valeur de ces encours de production nous permet de couvrir le service de production pendant une moyenne de 23.8 jours en prenant en considération le besoin journalier moyen de toutes ces références confondues et les valeurs des encours associés, ce qui constitue un grand manque à gagner pour l'entreprise.

Tableau 2.19 : la couverture en jours des références du X10

Références	Encours	Besoin moyen	Couverture(jour)
7254012230	356,8	73	5
7003705602	3342	300	12
7283397030	2034	230	9
7116332402	11206,8	146	77
74352067	2193,4	501	5
7287674330	619,4	113	6
7134816930	6389,2	73	88
74354578	648,2	73	9
7289904330	833,8	226	4

Si on prend par exemple la référence 7254012230 on trouve que pour cette dernière un surplus exprimé en nombre de jours de couverture spécifiques. Les résultats montrent que l'encours nous permet de couvrir en moyenne le service de production pendant une période de 4.5 jours.

La figure 2.22 montre la couverture de cette référence en nombre de jour

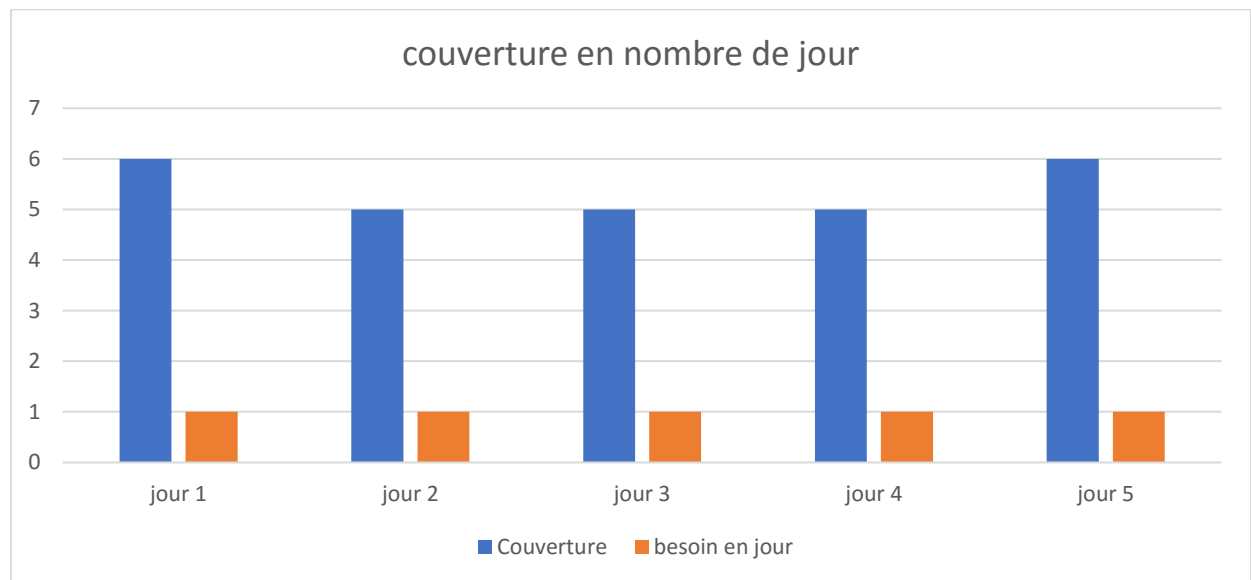


Figure 2.22 : La couverture en nombre de jour d'une seule référence

Pour la même référence on a pu constater d'après le graphe présent ci-dessous que la valeur de l'encours existant qui est exprimé en nombre de pièces couvrent en moyenne 283 pièces du besoin des chaines.

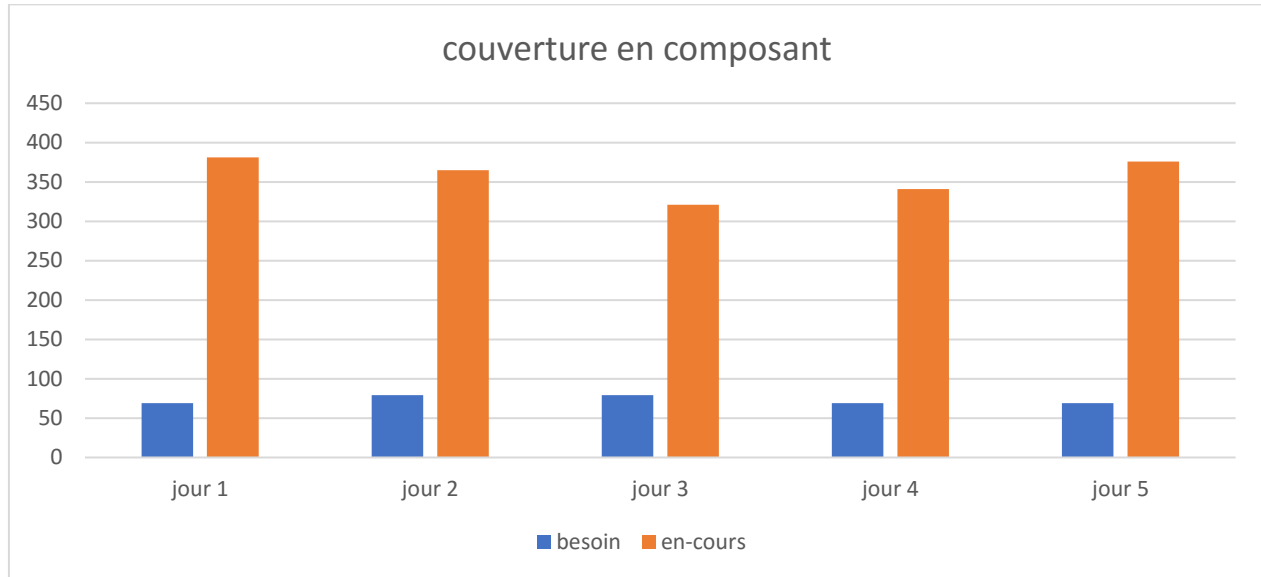


Figure 2.23 : Couverture en composant d'une seule référence

2.8 Analyse des MUDA de gaspillage de distribution

2.8.1 Calcul de la productivité du distributeur

Pour calculer la productivité du distributeur, on a divisé le temps de fonctionnement du distributeur par le temps requis par shift :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Temps de fonctionnement}}{\text{temps requis}}$$

En se basant sur le résultat du chronométrage, dans un shift le temps de fonctionnement du distributeur est la somme des temps à valeur ajoutée.

Ainsi on doit prendre en considération le temps du shift 8h, la pause 20 min et la réunion 5 min.

Pause + communication	20 min + 5min = 25 min
-----------------------	------------------------

Donc la productivité est :

$$\text{Productivité} = \frac{5.52 \times 60}{8 \times 60 - (20 + 5)} = 72.7\%$$

Ce résultat nous montre que la productivité du distributeur est 72.7%, donc le distributeur fait des tâches hors de son travail qui peuvent être considérées comme des pertes ou des anomalies.

D'après les observations du terrain, on a un ensemble des éléments qui engendrent l'improductivité et le gaspillage du temps. À titre d'exemple :

- Les allers-retours pour distribuer les bins ou alimenter les postes, En effet et au lieu de faire déplacer le chariot dans les couloirs inter-chaines, il le met au bout de chaque chaine, et effectue des allers-retours.
- Les trajets non définis.
- Les attentes lors du remplissage du chariot dans le supermarché.
- Communication avec les opérateurs des chaines lors de la distribution ce qui engendre un retard pour l'achèvement de sa tâche principale.
- Déplacements répétitifs du distributeur pour alimenter les lignes en cas d'urgence : en effet, la capacité du chariot ne peut pas supporter toutes les bins de la famille, le magasinier le remplit d'une façon aléatoire sans respecter l'ordre de priorité des composants (ceux plus consommés), et par conséquent le distributeur sera obligé de retourner fréquemment au supermarché pour remplir un ou deux bins dont la chaine aura besoin.

2.8.2 Les pertes en termes de coût

On a :

- Le coût du distributeur est 12.85 DH/h.
- Le temps à non-valeurs ajouté est
Total cycle -temps de valeur-ajouté= 07 :35 :00 - 05 :31 :54 = 02 :03 :06 =2,05 h
- Trois shifts par jour et l'entreprise travaille 24 jours par mois.

Donc les pertes mensuelles pour un seul distributeur :

Perte mensuelle = $2.05 \times 12.85 \times 3 \times 24 = 1896.66 \text{ DH}$

Alors pour généraliser les pertes sur tous les distributeurs, on aura :

Perte totale = $1896.66 \times 10 = 18\,966.6 \text{ DH}$

Donc, on peut estimer une perte annuelle de :

Perte annuelle = $18\,966.6 \times 12 = 227\,599.2 \text{ DH}$

Ces résultats nous insistent à réorganiser les opérations du cycle de distribution afin d'exploiter le temps à valeur non-ajoutée et améliorer la productivité des distributeurs tout en standardisant leur travail et en éliminant toutes sources engendrant les pertes de temps et les mouvements aléatoires.

2.8.3 Les causes racines

Après identification des problèmes majeurs du flux de distributeur et le processus de distribution, nous avons réalisé une analyse judicieuse des différentes causes. Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil des 5M pour analyser ces problèmes.

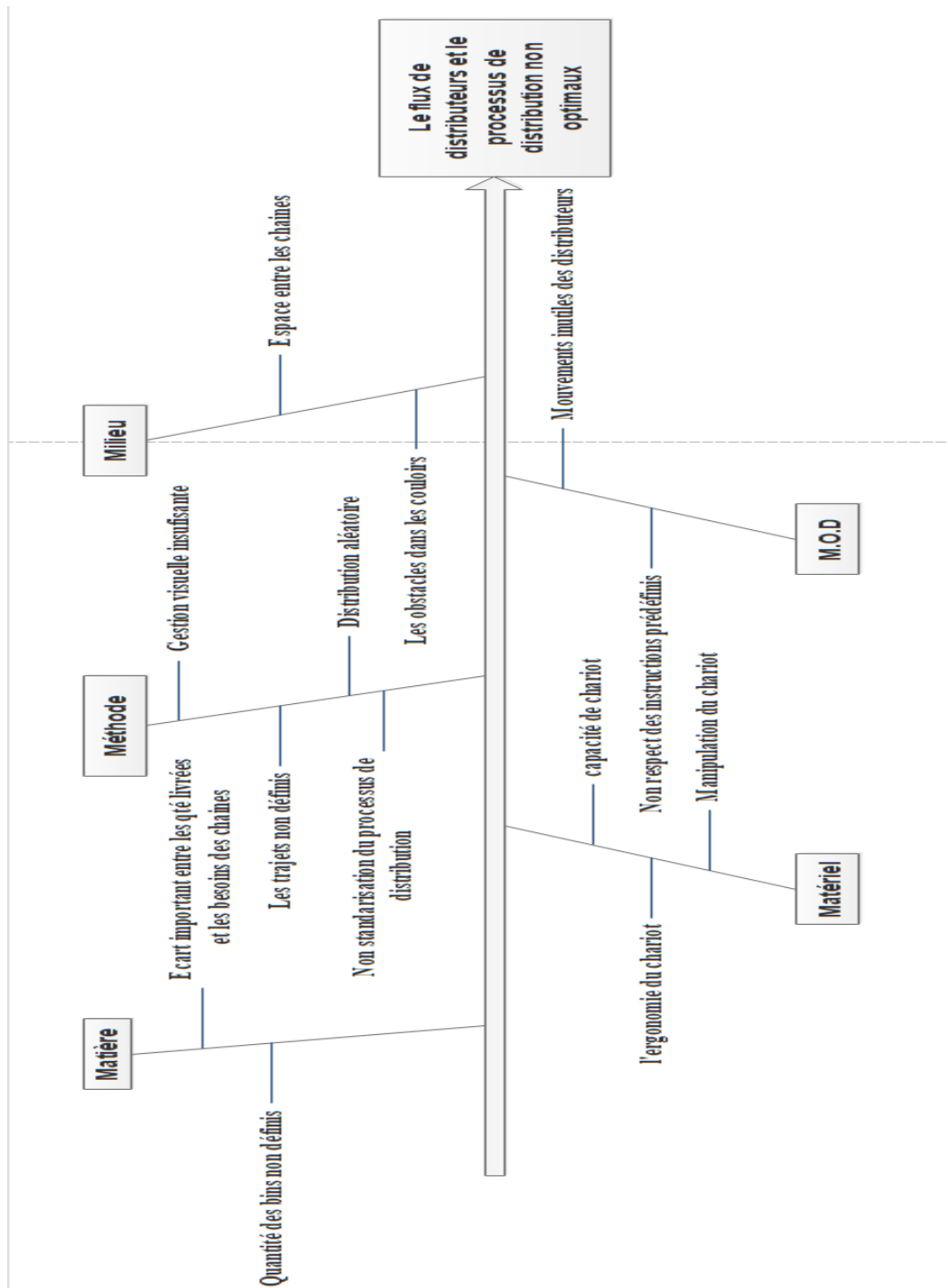


Figure 2.24 : Le diagramme Ishikawa du processus de distribution

2.8.4 Analyse muda de mouvement de distributeur

Afin d'analyser les schémas de routage du distributeur, nous avons opter pour le diagramme Spaghetti qui nous permettra de voir si la distribution suit un chemin optimal et standard ou le contraire.

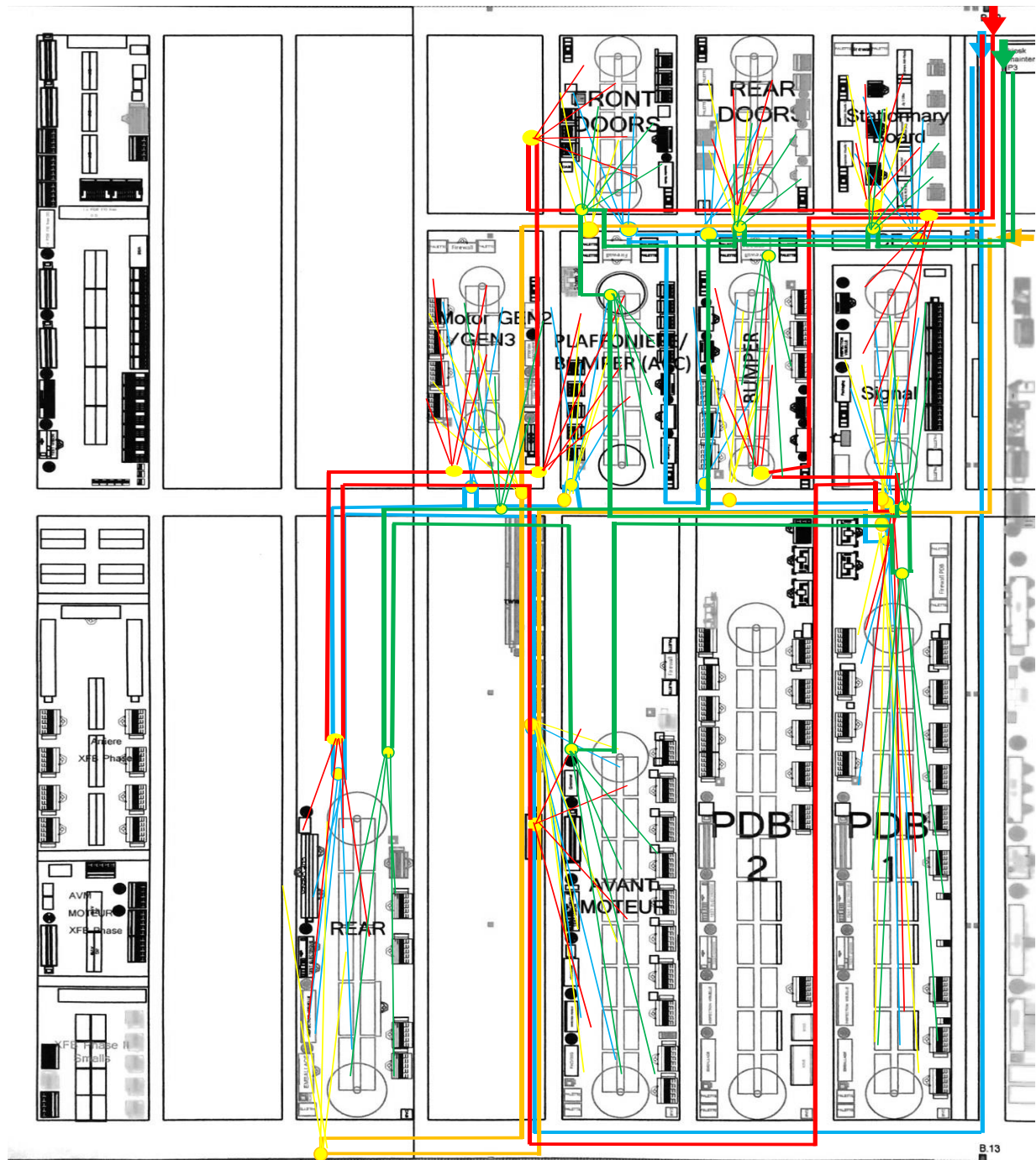


Figure 2.25 : Diagramme Spaghetti avec lay-out

La figure 2-26 expose le diagramme de spaghetti des quatre tournées de distribution de composant

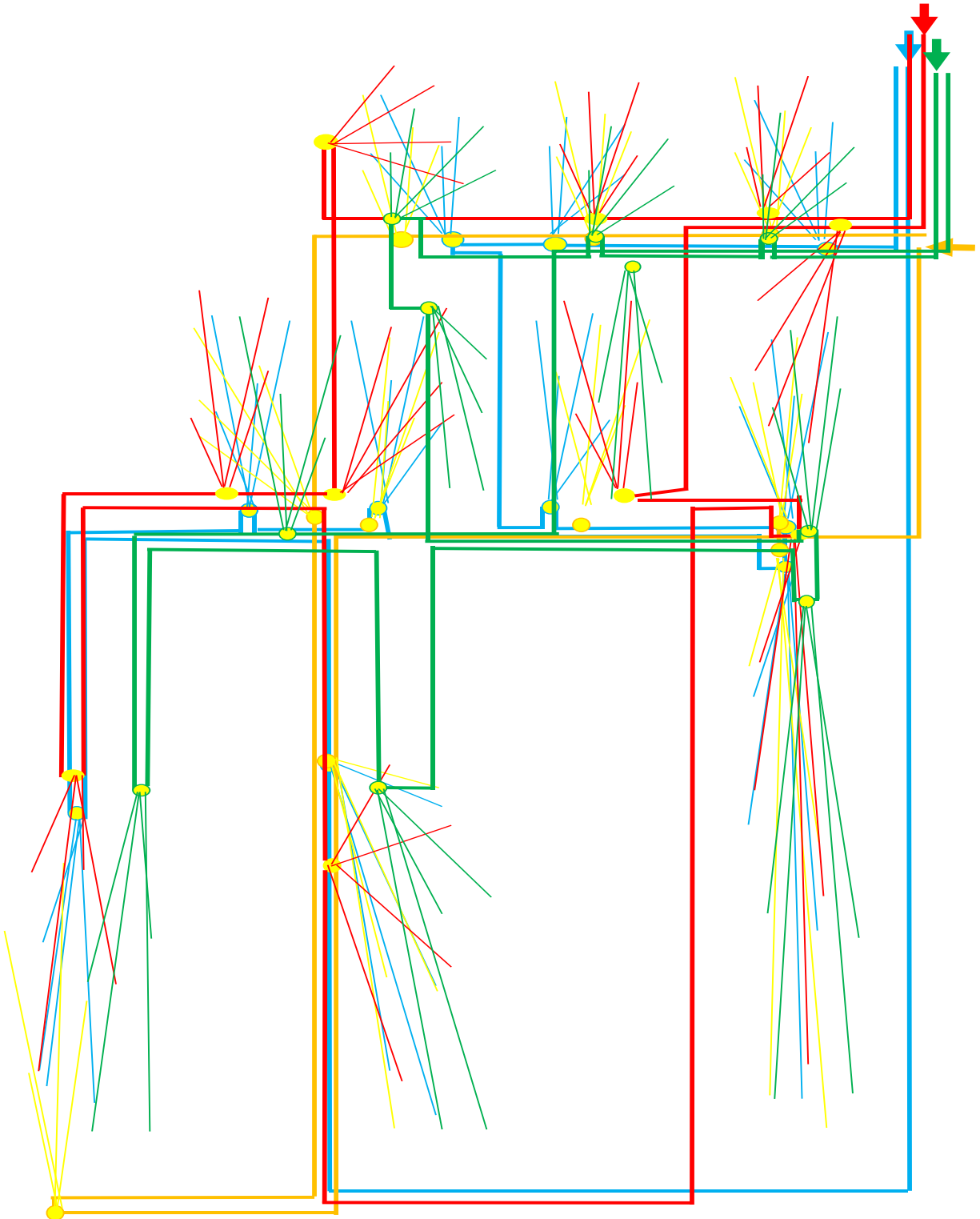
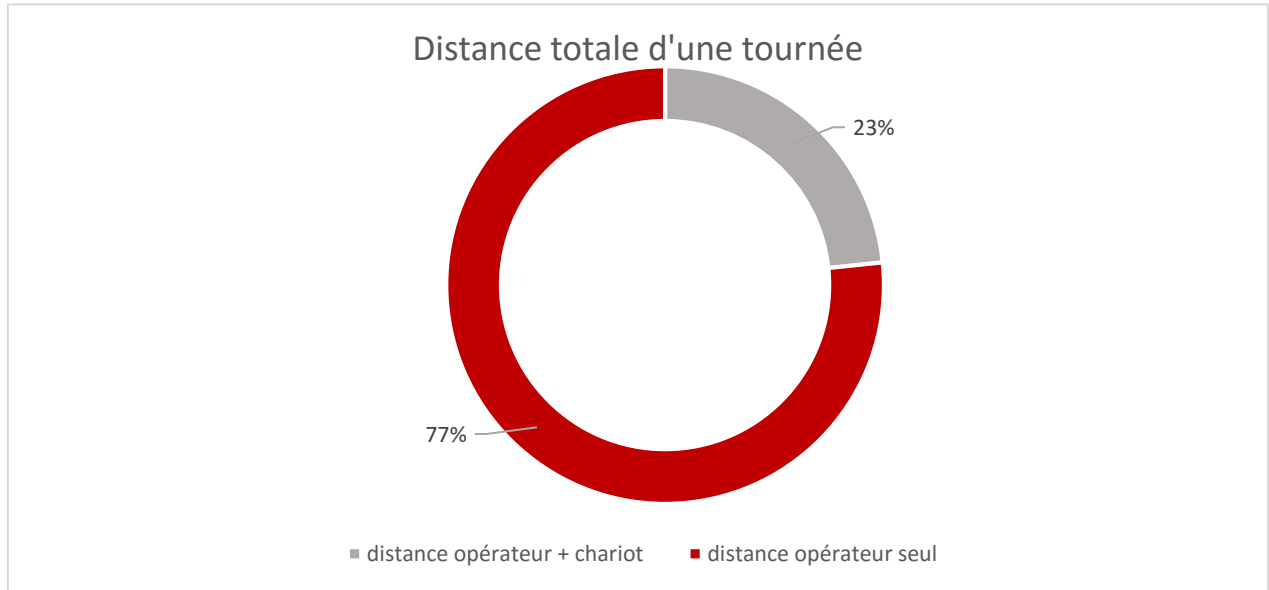


Figure 2.26 : Diagramme spaghetti sans Lay-out

Après avoir établi le diagramme Spaghetti, il s'est avéré que le distributeur ne suit pas un chemin standard d'où l'obligation de proposer un chemin optimal. Ce chemin va lui permettre de livrer les bins aux différentes chaînes sans devoir faire des allers retours inutiles ce qui va diminuer le temps de distribution global.

Ensuite, à partir des données calculées relatives aux tournées, nous avons pu détecter l'anomalie par rapport à la perte du temps en aller-retour (MUDA de mouvement).

**Figure 2.27 : Distance d'une tournée**

Nous constatons que le temps des allers-retours dépasse gravement le temps de distribution.

En outre, le distributeur parcourt **525,66m** en temps utile et **1628m** d'allers-retours qui représente muda de mouvement. Notre but sera donc d'éliminer les 77% des allers-retours, et de rendre ce temps utile et à valeur ajoutée.

2.8.5 Analyse de la capacité du chariot

Le chariot actuel a une capacité inférieure au besoin des chaines. Afin de coincer les causes racines de ces problèmes, nous allons utiliser le diagramme d'Ishikawa :

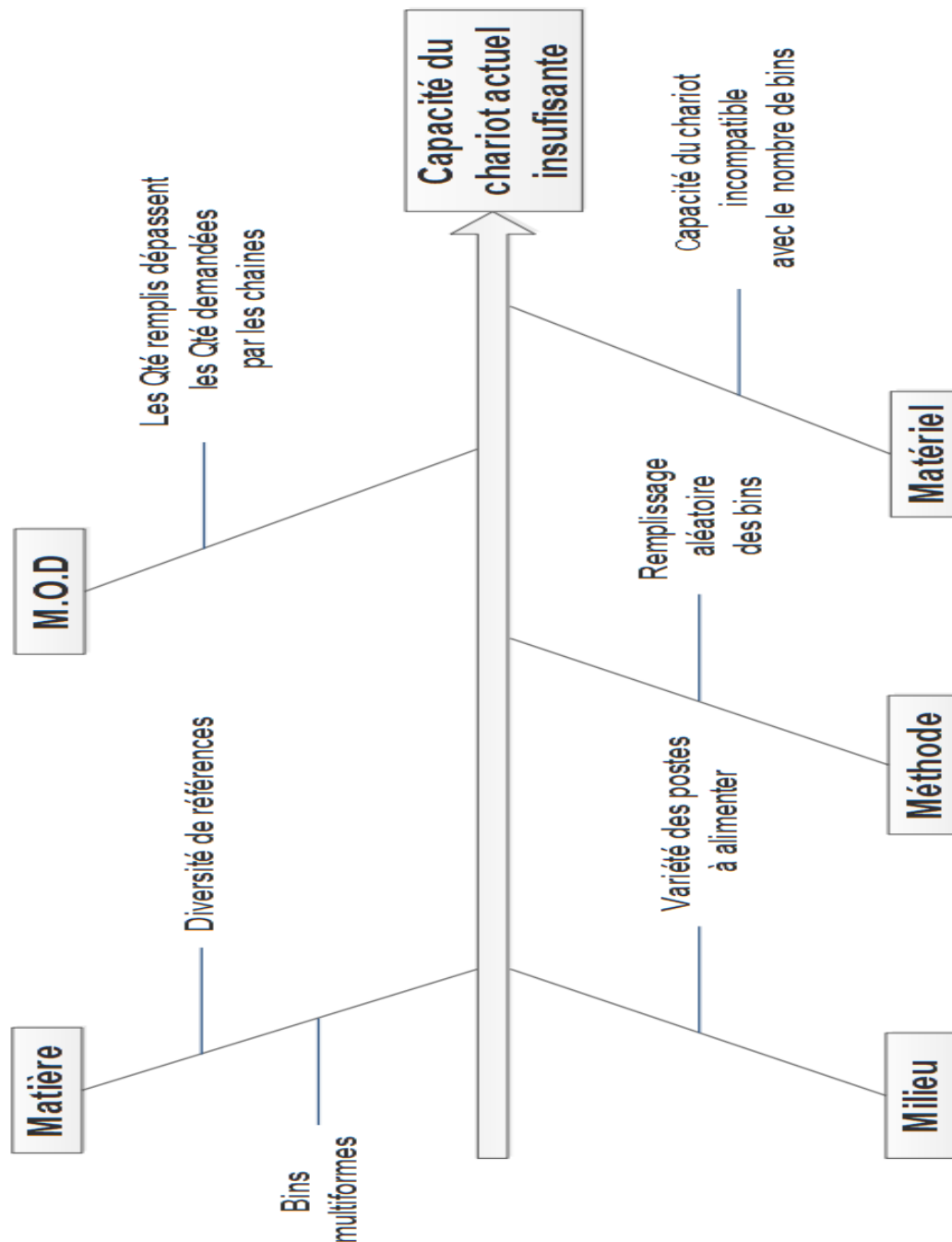


Figure 2.28 : Diagramme 5M de la capacité du chariot

2.9 Conclusion

Ce chapitre a permis de ressortir les anomalies présentées lors du suivi du processus d'alimentation des chaînes que ça soit en relation avec la quantité importante des encours retrouvés, le travail non standardisé des distributeurs, le trajet aléatoire de distribution et la conception non-optimale du chariot actuel. Le chapitre suivant sera consacré, suite à cette analyse à la proposition des actions d'amélioration pour le processus de distribution.

Chapitre III

Actions d'amélioration du processus d'alimentation des chaînes

Chapitre III

Actions d'amélioration du processus d'alimentation

3.1 Introduction

D'après les analyses et diagnostics faites en chapitre précédent ce chapitre est dédié à l'innovation et proposition des solutions pour atteindre nos objectifs en termes d'optimisation et amélioration continue du processus d'alimentation des chaines. En première partie des solutions pour standardiser et améliorer le processus de distribution sont élaborés à savoir l'étude de faisabilité de l'AGV, en deuxième partie une étude d'implémentation de la technologie RFID est réalisé afin de minimiser les encours.

3.2 Alimentation des chaines par un nouveau chariot

Dans l'optique d'augmenter la capacité des chariots de distributions, et diminuer les allers retours que fasse le distributeur pour livrer et satisfaire la demande des chaines, nous avons pensé à concevoir un nouveau chariot qui aura une capacité plus que l'ancien chariot.

Pour le développement de tout produit, il est très important de bien comprendre les besoins et attentes des futurs clients du produit développé.

Afin de définir les attentes de base de YAZAKI et spécialement le département logistique, nous allons utiliser la méthode RESEAU. Dans notre cas nous allons se contenter par la recherche intuitive et l'examen de l'environnement.

3.2.1 Recherche intuitive

Pour générer les besoins de base nous avons fait un brainstorming qui nous a permis d'établir ces fonctions :

- Distribuer les composants ;
- Alimenter le maximum des composants ;
- Eviter les déplacements des opérateurs au supermarché ;
- Faciliter les tâches de distributeurs ;
- Eliminer les MUDA de mouvement ;
- Alimenter plusieurs chaines au même temps ;
- Gain de temps à travers le transport du maximum de pièces ;
- Accélérer la production ;
- Garder les bins en bon état ;
- Facile à manutentionner ;
- Assurer à temps réel les composants les plus consommés ;

- Ne pas occuper un grand emplacement dans le supermarché.

3.2.2 Diagramme d'affinité

Nous avons opté pour l'utilisation du diagramme d'affinité qui nous servira à regrouper et bien organiser les fonctions qu'on a élaborer préalablement, la figure 3-1 représente le regroupement proposé :

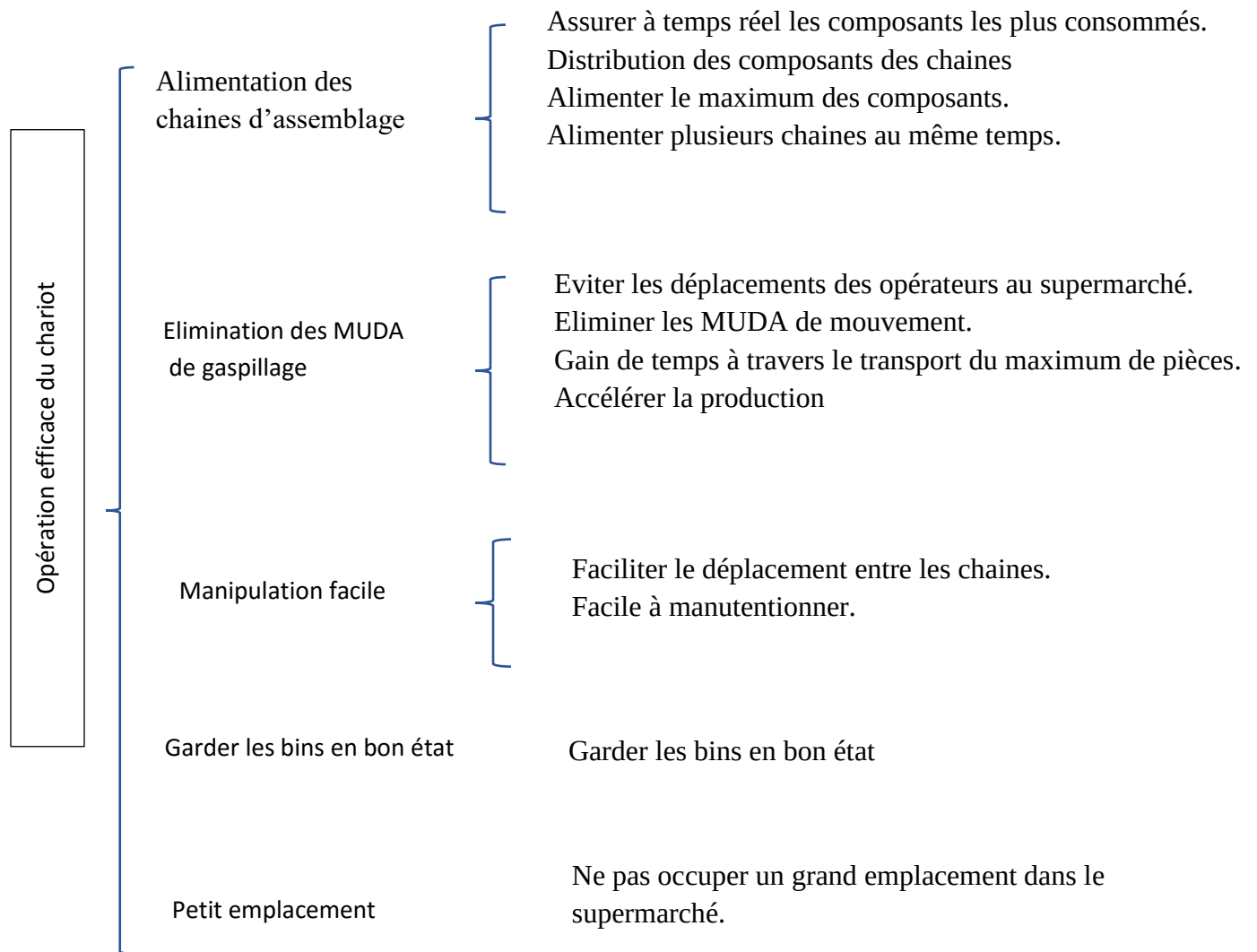
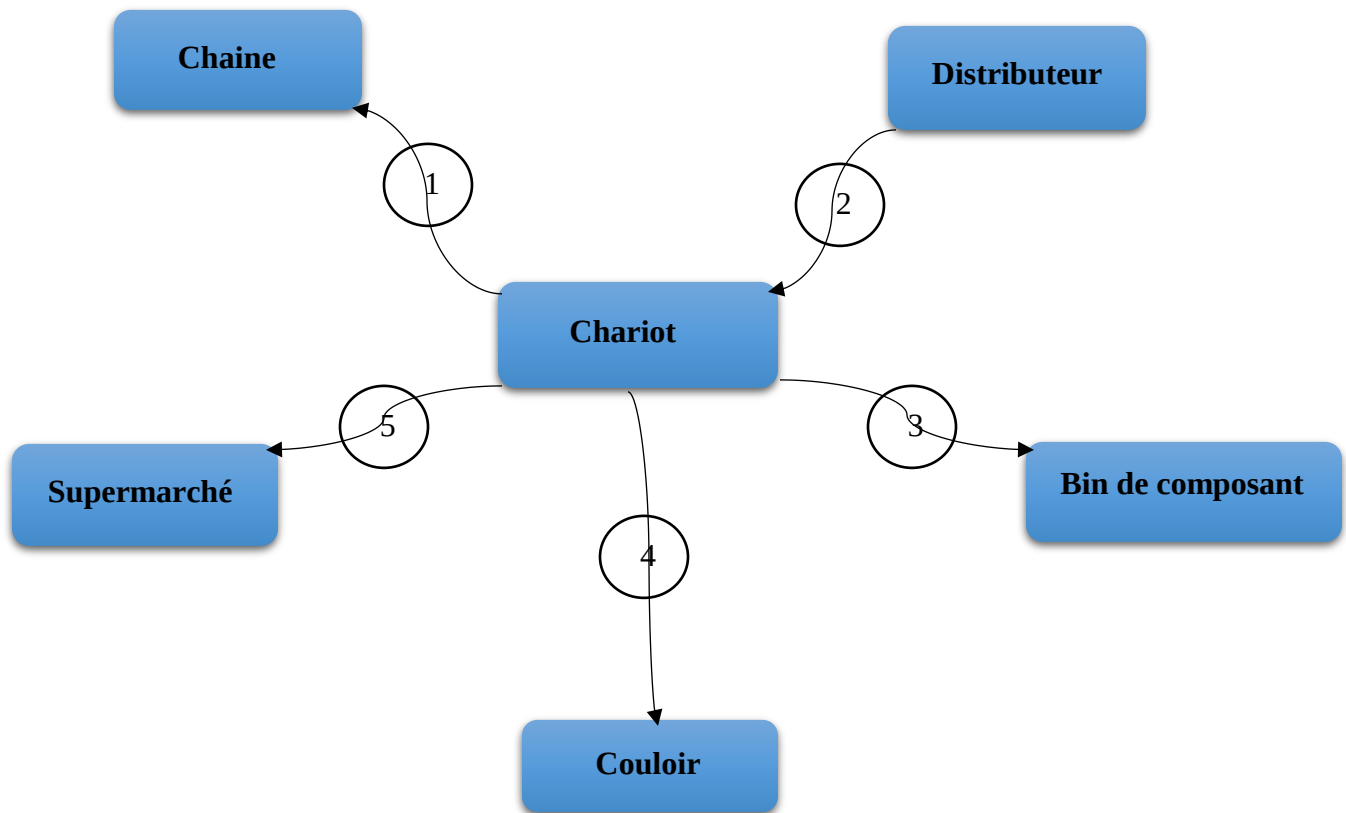


Figure 3.1 : Diagramme d'affinité

3.2.3 Examen de l'environnement (méthode des interacteurs)

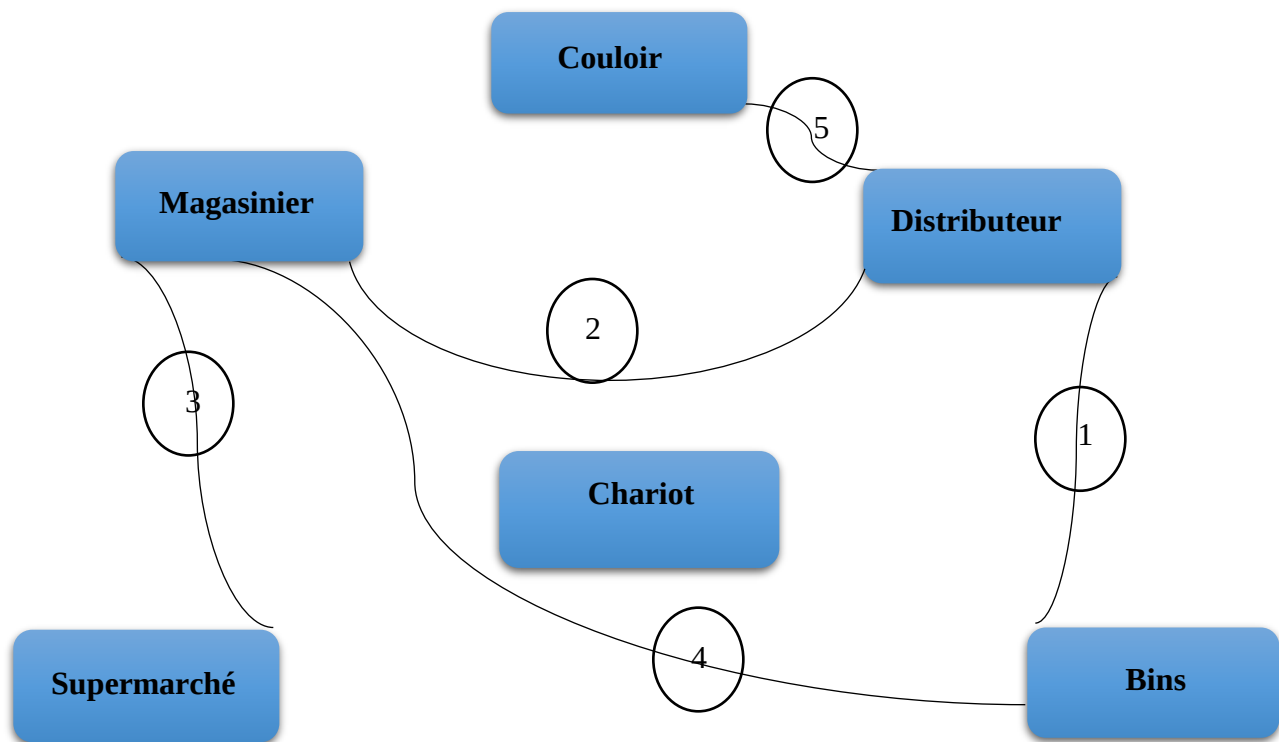
Pour réussir cette étape nous allons identifier tous les interacteurs avec le chariot :



- 1 Alimenter les chaînes
- 2 Manipuler facilement le chariot
- 3 Contenir le maximum des Bins
- 4 Passer par les couloirs
- 5 Se remplir et se stationner dans le supermarché

Figure 3.2 : Les interacteurs du chariot

- Les fonctions d'interactions



- 1 Assurer la sécurité des Bins.
Eviter de faire tomber les bins par terre pour ne pas endommager les composants.
- 2 Respecter le temps de préparation de chariot par le magasinier pour ne pas retarder le distributeur.
- 3 Respecter le temps de préparation de chariot pour ne pas retarder le distributeur.
- 4 Remplir les bins par les références associées.
- 5 Passer par les couloirs.

Figure 3.3 : Les fonctions d'interaction du chariot

3.2.4 Analyse du besoin

Nous exprimons le besoin à l'aide du diagramme bête à cornes suivant :

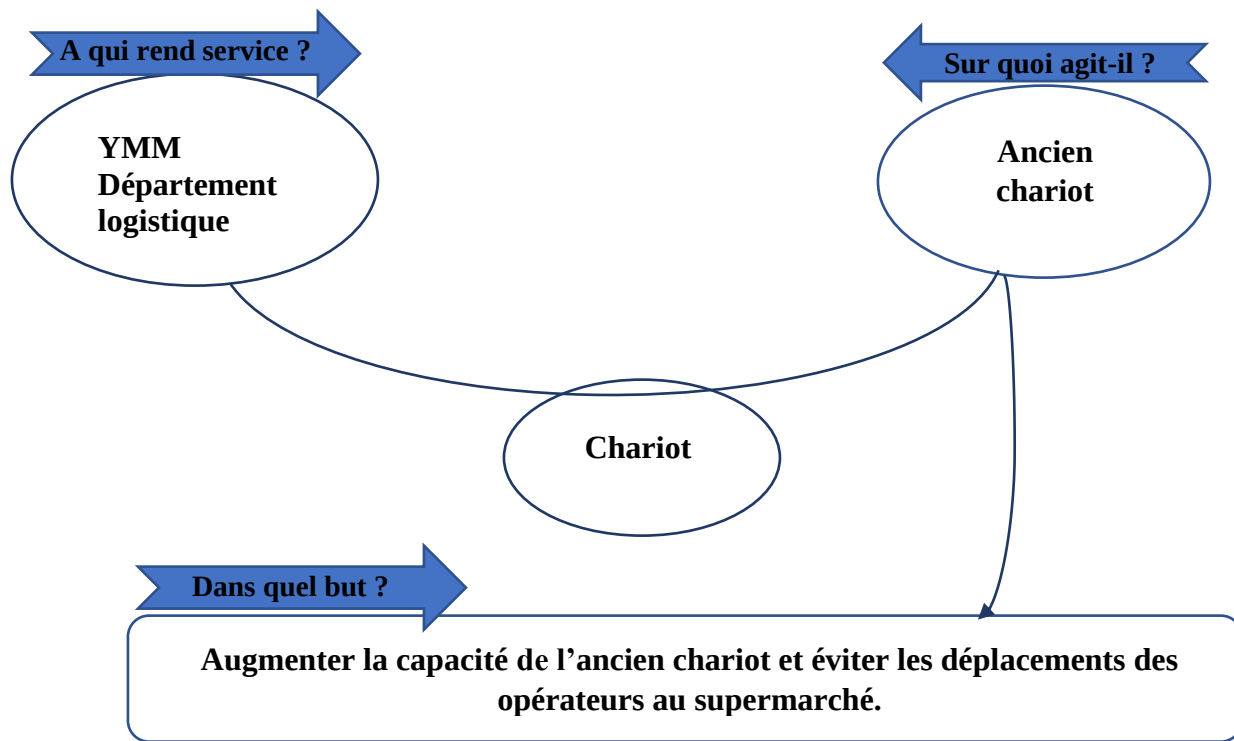


Figure 3.4 : Le bête à cornes du chariot

Les Objectifs :

- Eviter les arrêts ou les retards d'une chaîne ;
- Améliorer le processus de distribution ;

3.2.5 Création de l'arbre fonctionnel

Tel que montré ci-dessous, toutes les fonctions trouvées sont triées pour créer l'arbre fonctionnel. Ce dernier sert à faire la synthèse des fonctions et à identifier les liens entre les fonctions de manière à définir la fonction principale du produit ainsi que ses fonctions secondaires et tertiaires.

Cette étape consiste en l'identification des fonctions du produit. Afin d'avoir une vue globale structurée des fonctions, on construit l'arbre fonctionnel.

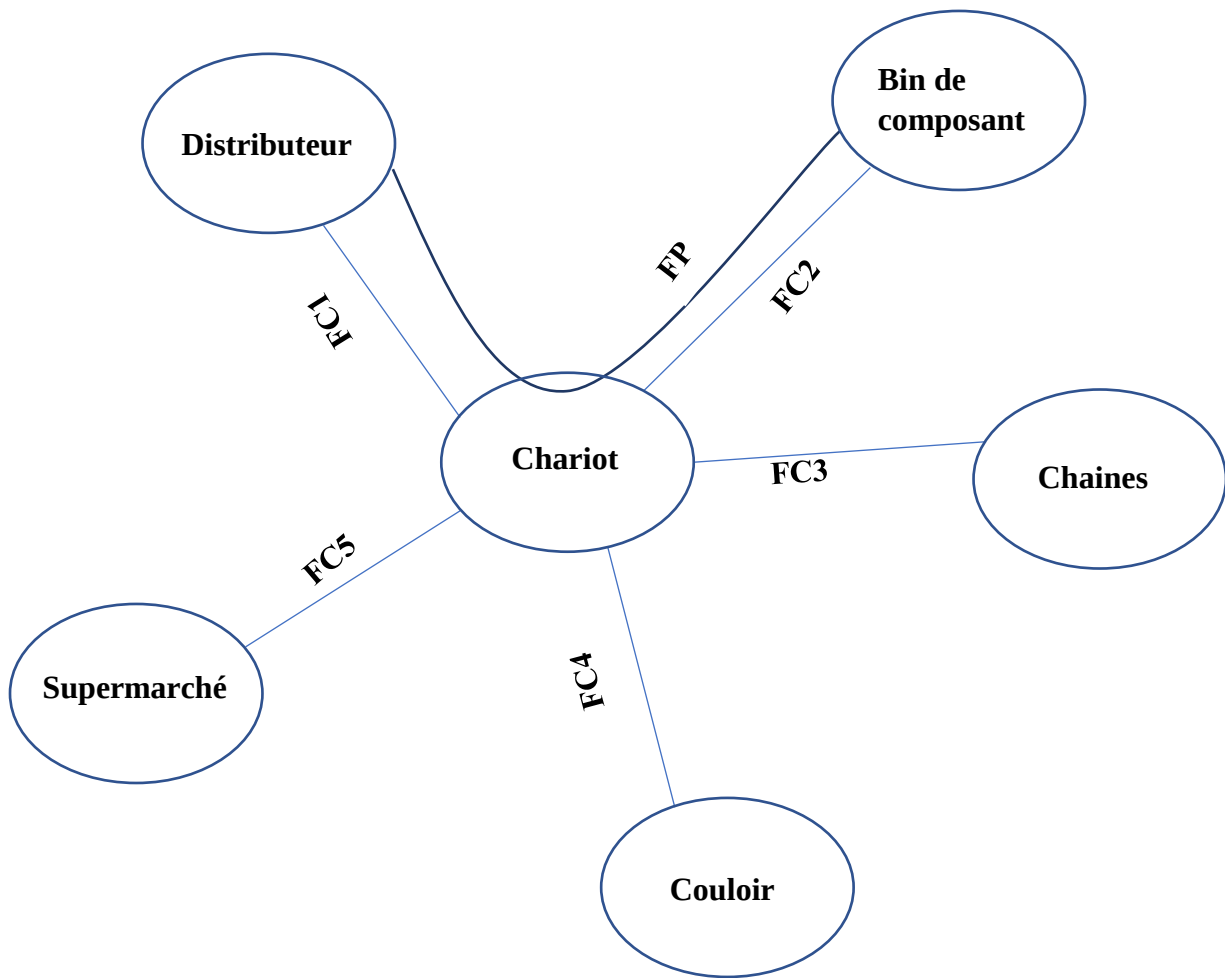


Figure 3.5 : Diagramme de pieuvre du chariot

D'après le diagramme de pieuvre, on peut recenser les fonctions suivantes :

Tableau 3.1 : Les fonctions recensées du diagramme de pieuvre

Les fonctions	Description
FP1	Distribuer les bins qui sont dans le chariot.
FC1	Être facile à manipuler.
FC2	Contenir le maximum de bins.
FC3	Permettre d'alimenter le maximum de chaines.
FC4	S'adapter à la largeur du couloir.
FC5	Ne pas occuper un grand emplacement.
FC6	Être esthétique et plaire à l'œil

3.2.6 Élément du cahier de charge fonctionnel

Le cahier des charges fonctionnel (CdCF) est un document formulant le besoin, au moyen de fonctions détaillant les services rendus par un produit et les contraintes auxquelles il est soumis.

Pour chacune des fonctions, nous allons définir les critères d'appréciations et leurs niveaux de flexibilité avec :

- Le critère d'appréciation d'une fonction est le caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte est respectée.
- Le niveau d'un critère d'appréciation est la grandeur repérée dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur peut être celle recherchée en tant qu'objectif ou celle atteinte pour une solution proposée.
- La flexibilité du niveau d'un critère d'appréciation est l'ensemble des indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation.

Et on distinguera 4 classes de flexibilité :

- Classe F0 : flexibilité nulle – niveau impératif.
- Classe F1 : flexibilité faible – niveau peu négociable.
- Classe F2 : flexibilité bonne – niveau négociable.
- Classe F3 : flexibilité forte – niveau très négociable.

Le cahier de charge qui formule les fonctions présentées précédemment est le suivant

Tableau 3.2 : Le cahier de charge fonctionnel

Fonction de service	Critère	Niveau	Flexibilité
FP1 : Distribuer les bins qui sont dans le chariot	Position dans les chaînes	Identifier les postes de travail	F1
FC1 : Être facile à manipuler.	Poids léger.	$P < \text{Poids distributeur}$	F0
FC2 : Contenir le maximum de bins.	Être capacitaire	$\text{Nombre de bins} < \text{Volume chariot}$	F0
FC3 : Permettre d'alimenter le maximum de chaînes	Passer par toutes les chaînes.	Trajet optimal.	F2
FC4 : S'adapter à la largeur du couloir.	Largeur acceptables	$L < 1\text{m}$	F1
FC5 : Ne pas occuper un grand emplacement.	Dimension raisonnable	Hauteur Largeur Longueur	F2
FC6 : Être esthétique et plaire à l'œil	Forme Couleur	Noir + blanc	F3

3.2.7 Diagramme FAST

Pour étudier le fonctionnement du gerbeur, on utilise l'outil diagramme FAST. Cela permet de comprendre comment sont organisées les fonctions du système et de montrer les solutions techniques possibles ou retenues.

La figure suivante correspond au diagramme FAST de la fonction principale du chariot :

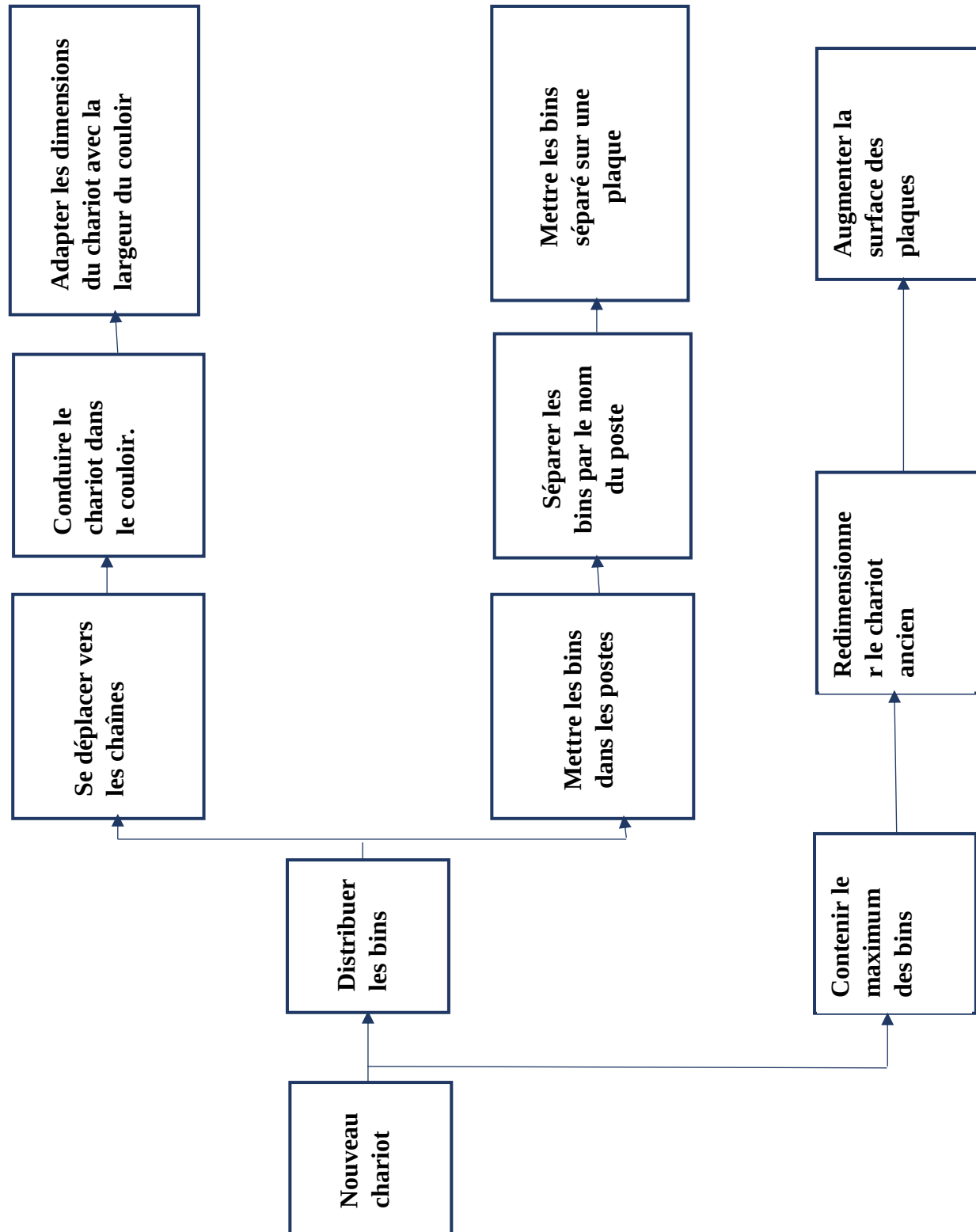


Figure 3.6 : Diagramme FAST

Donc la nouvelle conception du chariot devrait d'une part maximiser ses dimensions pour qu'il soit plus capacitaire, assurer la sécurité et l'ergonomie du travail du distributeur et protéger les bins mis dedans. Ainsi les conditions limites à respecter lors de la conception seront :

- Largeur < largeur des couloirs inter-chaines (110cm) : **largeur = 64 cm**
- Longueur maximale est définie par le département technique qui tient compte de la capacité du distributeur à pousser et tirer un chariot rempli : **longueur = 137 cm**
- Une hauteur conforme et adaptée au niveau de vision (ne doit pas dépasser 1.5m) du distributeur en prenant en considération l'étage supérieur remplis par les bins.

La conception du chariot est présentée comme suit :

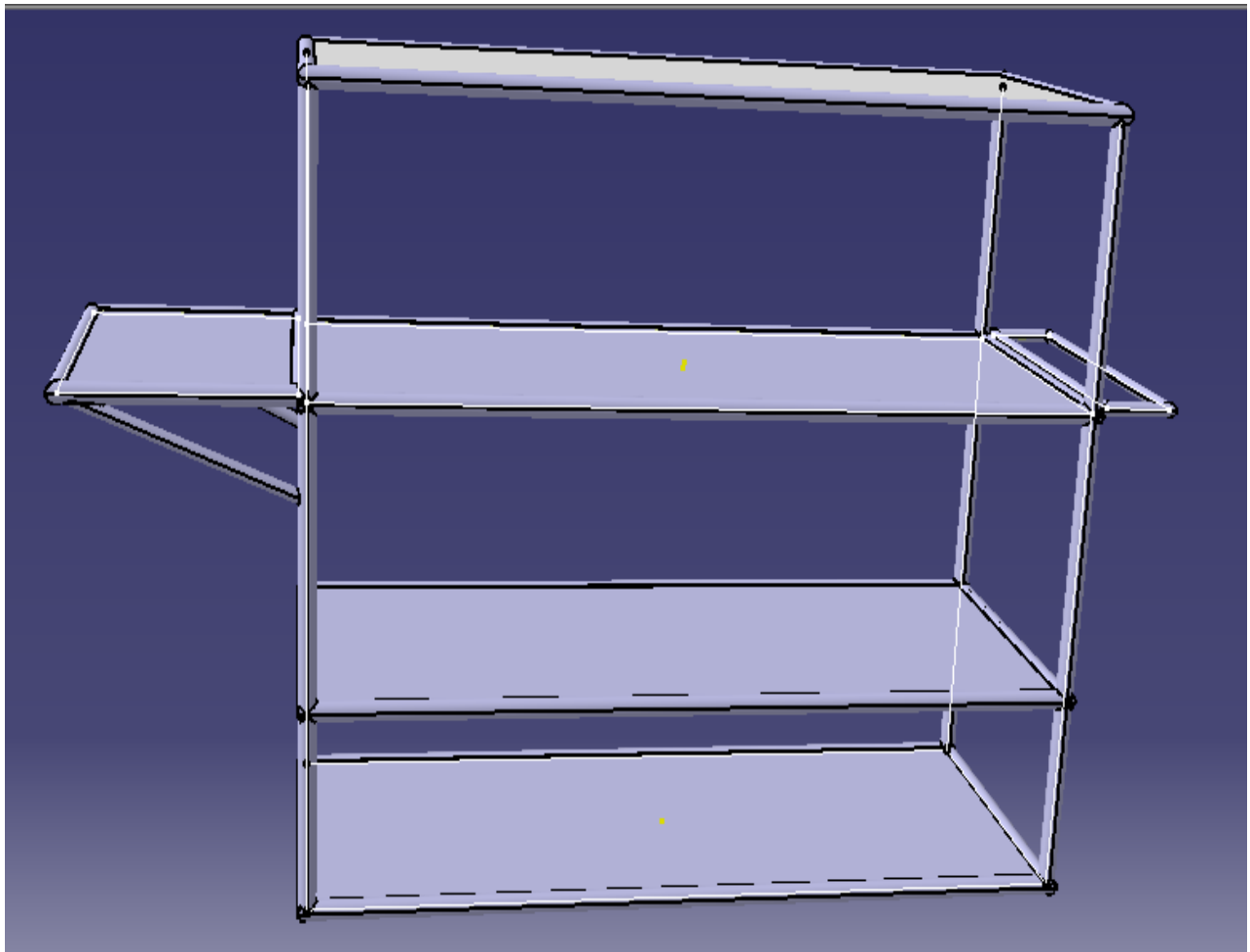


Figure 3.7 : La nouvelle conception du chariot sous le logiciel CATIA V5

Les dimensions du nouveau chariot sont montrées dans la figure 3-8 :

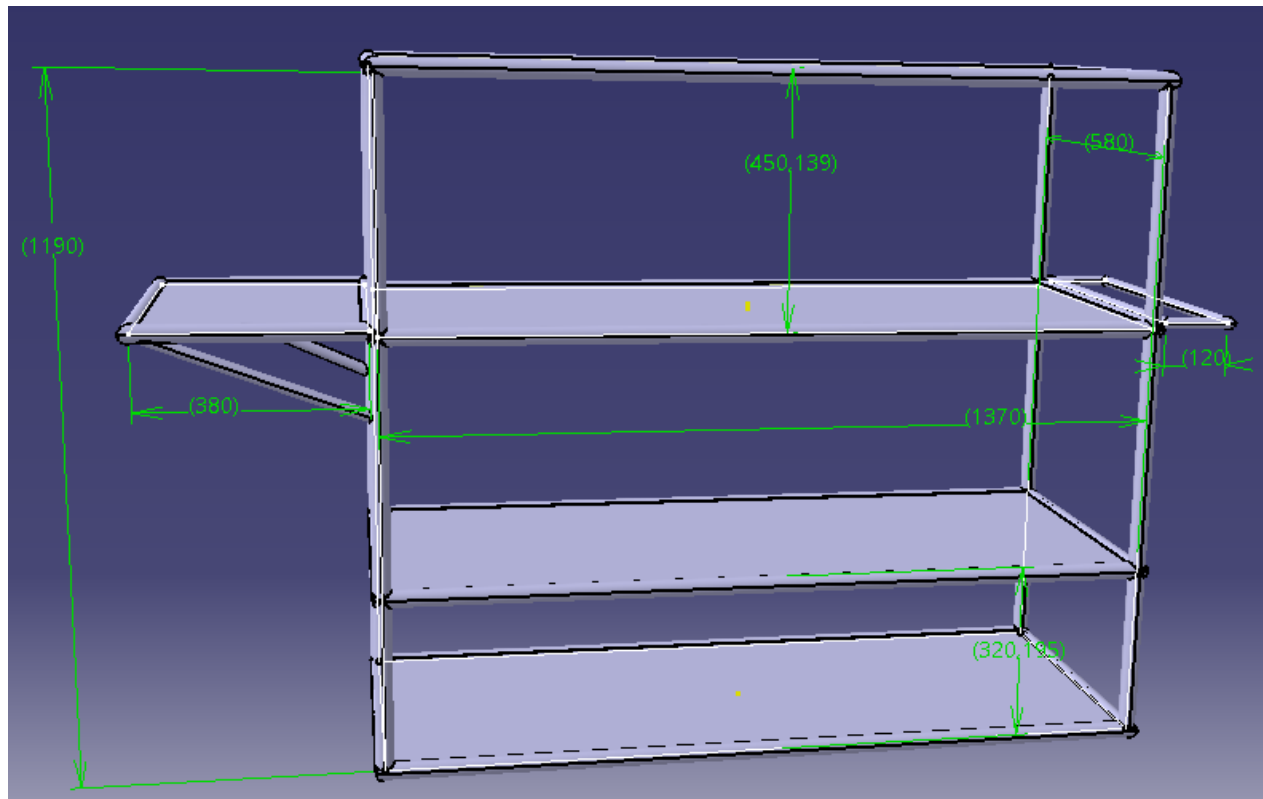


Figure 3.8 : Les dimensions du chariot

Ce redimensionnement de chariot nous a aidé d'augmenter la capacité, la nouvelle capacité est représentée dans le tableau 3-3 :

Tableau 3.3 : La nouvelle capacité du chariot

Volume total du besoin de 4h	1205481 cm³
Capacité du chariot	1088602 cm³
Capacité du chariot / au besoin	90,30%

Le nouveau chariot va contenir jusqu'à 90% des bins demandés par les chaînes, en conséquence nous allons éviter l'arrêt ou le retard de la chaîne, ainsi que d'assurer à temps les composants les plus consommés.

Après avoir redimensionner le chariot, il faut qu'on réorganise le trajet de distribution et qu'on fait la conception d'un canal d'alimentation entre les postes afin d'éviter l'entrée du distributeur dans les chaînes.

3.3 Optimisation du trajet de distribution.

Dans le but d'améliorer le cycle de distribution, il a fallu trouver une solution qui pourra à la fois éliminer les allers-retours et pouvoir au même temps livrer les bins à chaque poste. Cela peut être réalisé seulement si le distributeur se déplace avec son chariot au même temps.

Obstacles :

- Le chariot ne peut pas passer dans les chaînes de distribution car ce passage est étroit et destiné qu'aux opérateurs et aux chefs de ligne.
- Les allées de services ne permettent pas au distributeur de livrer les bins parce qu'il n'existe pas d'entrée vers les postes une fois le distributeur est dans l'allée.
- Les allées connaissent parfois des encombrements.

Afin de résoudre le problème tout en évitant ces obstacles, nous avons proposé les solutions suivantes :

- Mettre en place un chemin optimal en passant par les allées dédiées au chariot puisqu'il est impossible de passer dans les chaînes.
- Implanter des glissières qui permettront la distribution des bins vers tous les postes juste en passant dans les allées.
- Reformuler les opérateurs sur les 5S pour libérer les allées de tout obstacle qui pourra affecter le travail du distributeur.

Dans un premier temps, nous avons travaillé sur le chemin optimal dont voici son schéma de routage :

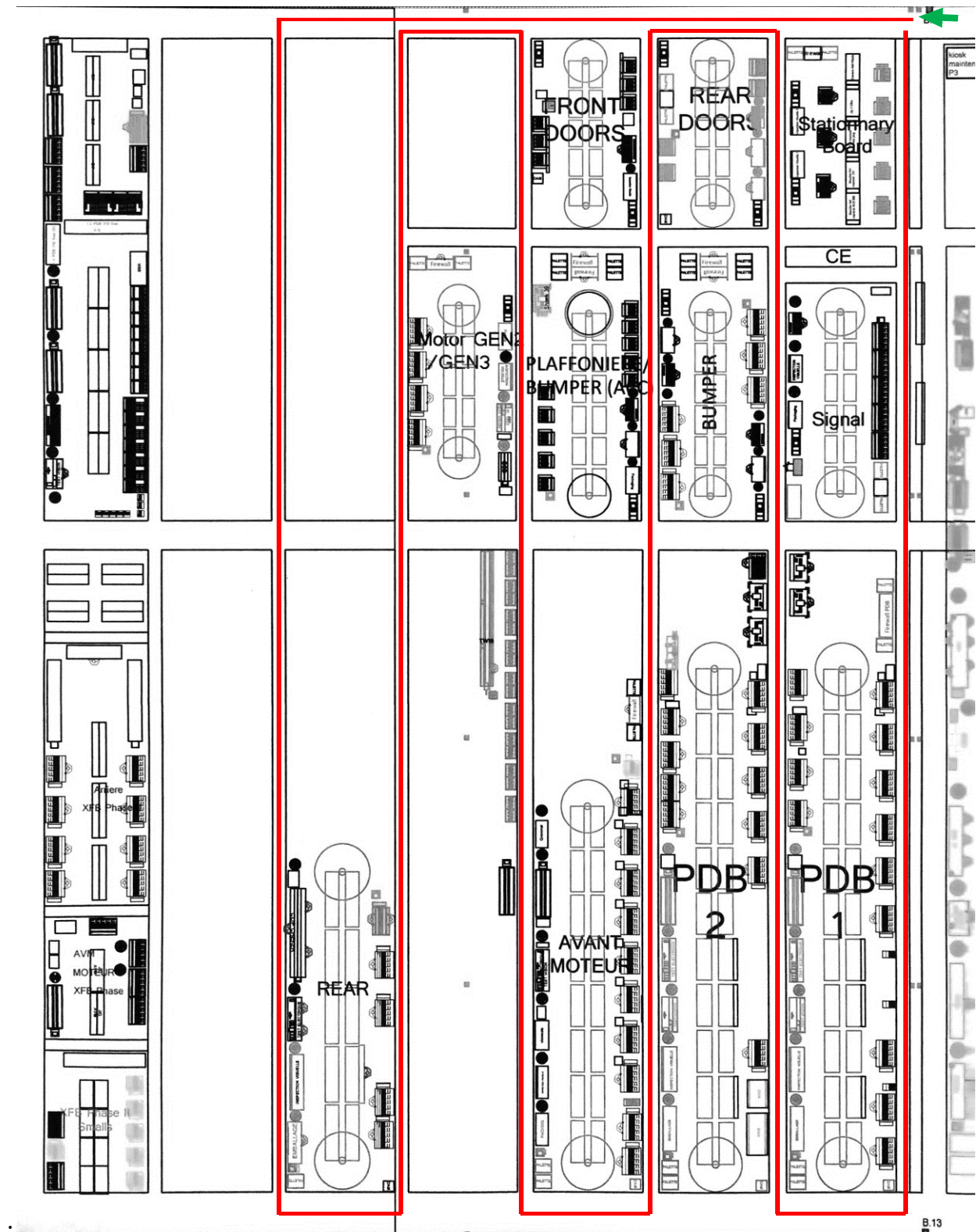


Figure 3.9 : Le trajet optimum de distribution

La nouvelle distance sera de : **848,22m** à parcourir pour livrer toute la zone X10. Et la durée estimée pour parcourir cette distance sera donc :

$$\text{Distance à parcourir}(m) \div \text{Vitesse moyenne}\left(\frac{m}{s}\right) = \text{Temps total de distribution}(s)$$

$$848,22 \div 0,995 = 852,48s$$

$$\text{Temps total de distribution} = \mathbf{14min20s}$$

De ce fait, ce nouveau circuit nous permettra de gagner **60,61%** du temps ancien. Ce temps peut être exploité dans la distribution des composants dans d'autres projets.

Pour rendre cette solution faisable, il va falloir faire une conception pour les glissières qui serviront à mettre la MP à la disposition de l'opérateur dans son poste.

La conception de la glissière est faite sous le logiciel Catia V5 en prenant en considération les dimensionnements des postes.

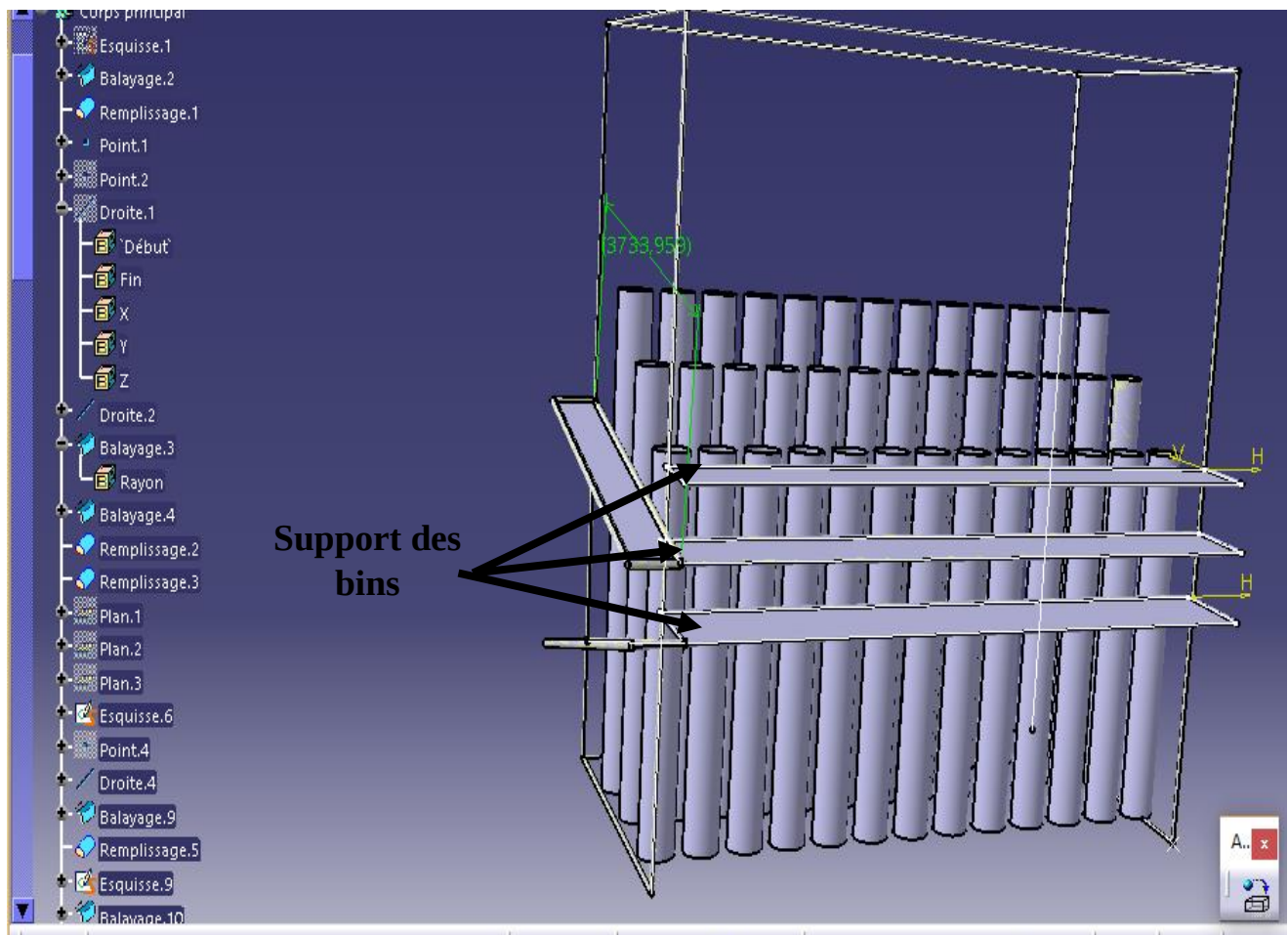


Figure 3.10 : La conception d'une glissière sous Catia V5

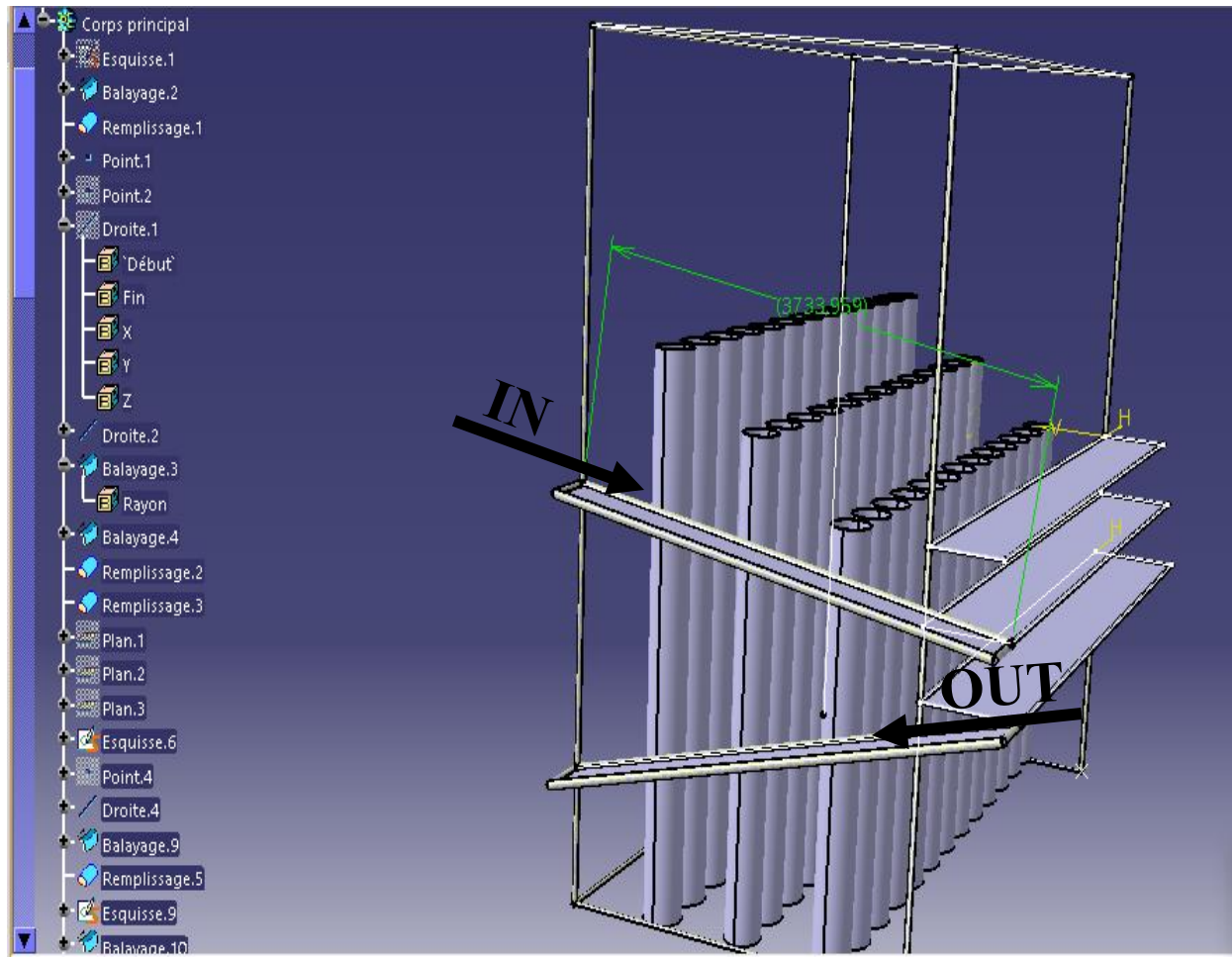


Figure 3.11 : Poste avec glissière vue de gauche

Dans cette partie nous avons optimiser le trajet de distribution, cependant il y a toujours un muda de mouvement, ainsi que la difficulté que rencontre le distributeur pour tirer les chariots vus que le poids d'un chariot est 50kg et vue que l'entreprise envisage de diminuer les dépenses de main d'œuvre.

Pour ces raisons le département logistique propose de remplacer la distribution des composants par un chariot automatisé AGV, la partie suivante sera consacré pour l'étude de faisabilité d'AGV.

3.4 Etude de faisabilité de l'AGV

Un chariot automatisé ou automatique, notamment appelé « AGV » (Automated Guided Vehicle) est un système de chariot autoguidé de transport automatique impliquant l'usage de véhicule autonome sans personnel. Ces véhicules industriels transportent en toute sécurité une multitude de produits sans nécessiter d'intervention humaine dans les environnements de production, d'entreposage, de distribution et d'expédition.^{1 2}

3.4.1 Les objectifs

Le but de l'implémentation de l'AGV pour les chaînes d'assemblage est de :

- D'éliminer les MUDA de mouvement pour le distributeur de supermarché aux chaînes de montage.
- Diminuer le coût de la distribution.
- Standardiser le trajet de la distribution.
- Réduire la Puissance de traction pour le distributeur.

3.4.2 Analyse fonctionnelle

3.4.2.1 Expression du besoin

Pour analyser le besoin de l'entreprise nous allons appliquer le bête à corne :

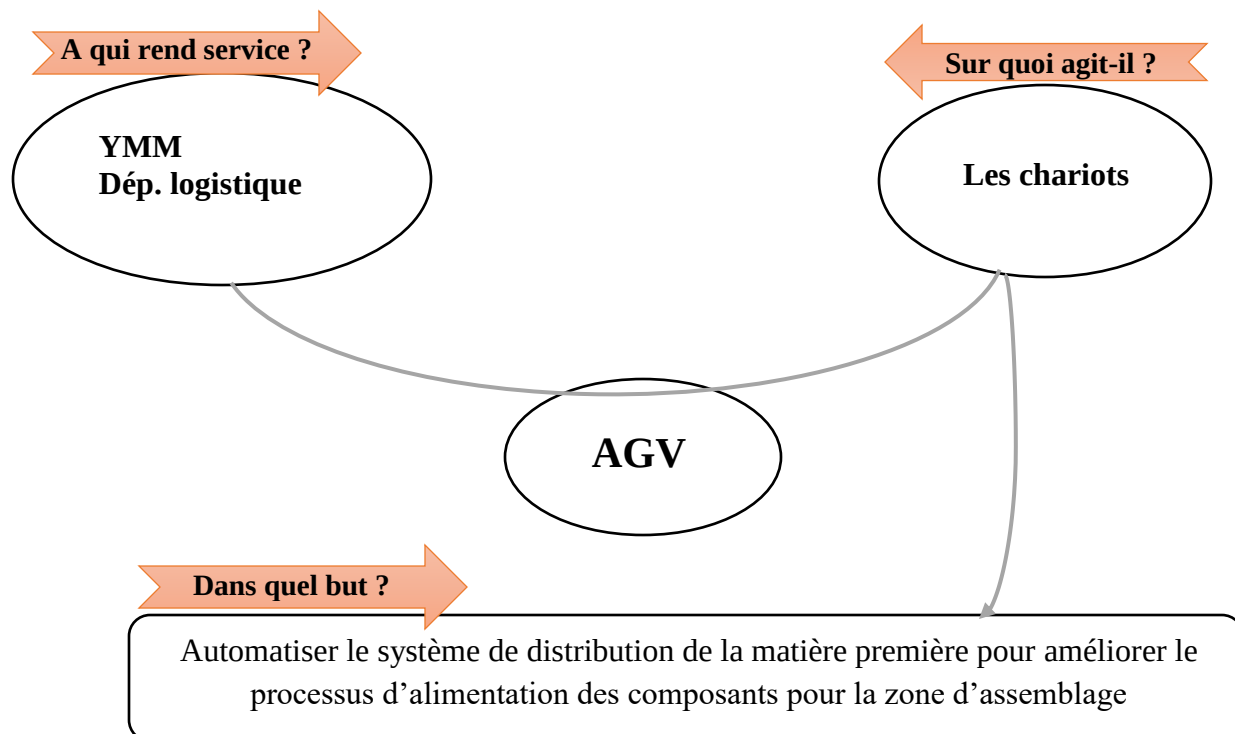


Figure 3.0.12 : Diagramme bête à corne de l'AGV

¹ <https://www.dematic.com/en/products/products-overview/agv-systems>

² <https://www.tecnacar.com/cm-700-fr>

3.4.2.2 SADT (fonction globale)

Ce diagramme va présenter les différentes liaisons de l'AGV avec son environnement. Il permet de positionner :

- Les flux d'entrée et de sortie matière d'œuvre.
- Les données de contrôle.

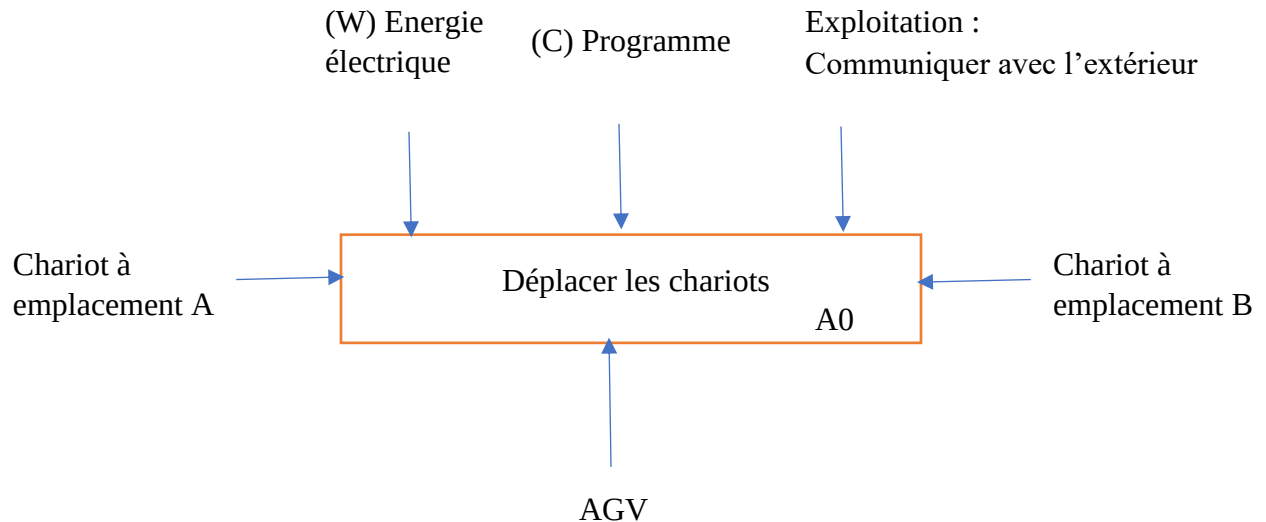
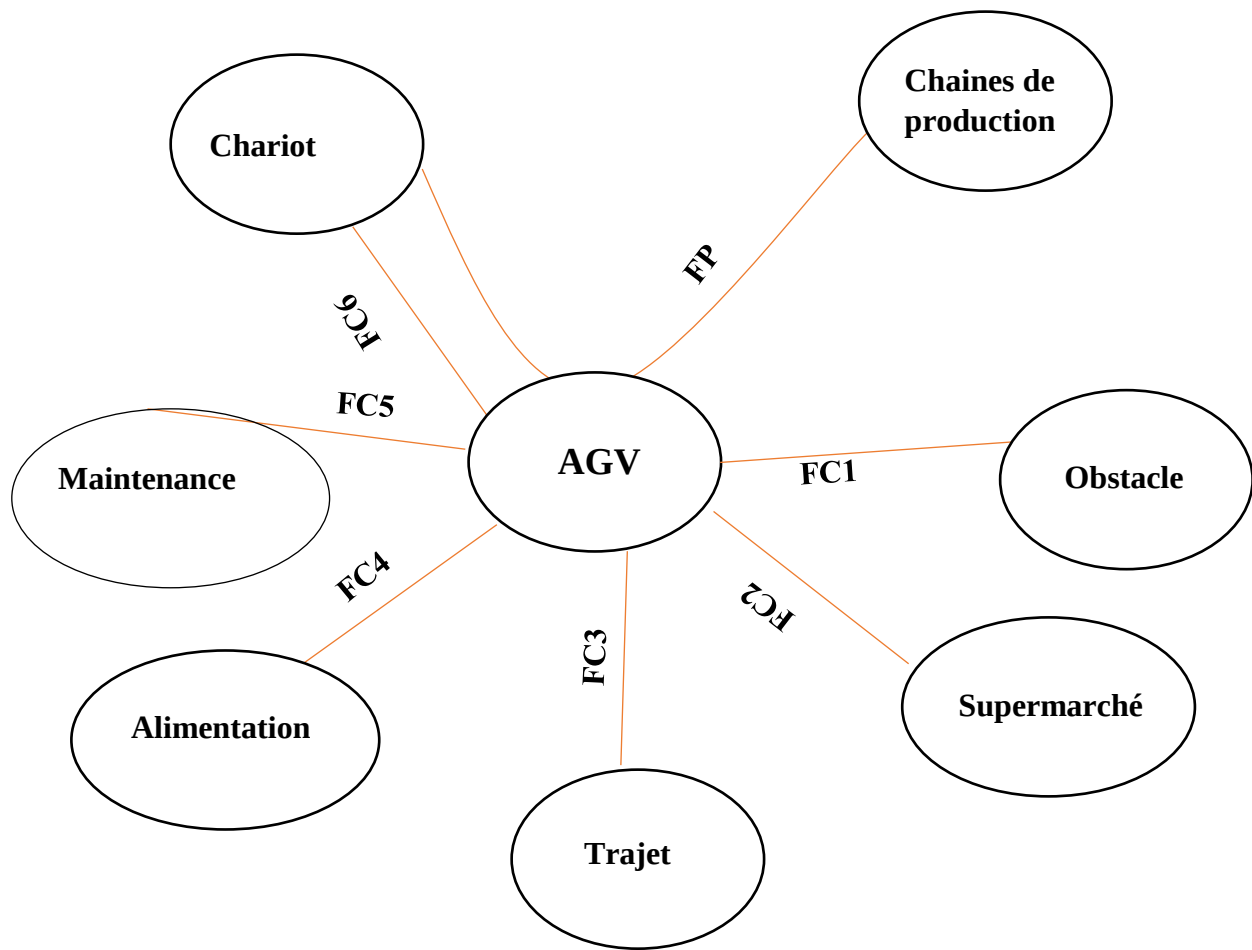


Figure 3.13 : Fonction globale de l'AGV

3.4.2.3 Diagramme Pieuvre

Le diagramme de pieuvre nous a permis d'analyser et d'identifier les fonctions de service de l'AGV, la figure 3-14 exprime les fonctions de l'AGV :

**Figure 3.14 : Diagramme de pieuvre de l'AGV**

Le tableau 3- 4 regroupe les fonctions de l'AGV

Tableau 4.0.4: les fonctions de l'AGV

Les fonctions	Description
FP	Transporter automatiquement les chariots
FC1	S'arrêter devant les obstacles
FC2	Avoir une gestion des chariots dans le supermarché
FC3	Suivre le trajet défini
FC4	S'alimenter par des batteries
FC5	Être réparable facilement
FC6	S'adapter avec les chariots

3.4.2.4 Diagramme SADT A0

Le diagramme de niveau A0 est la représentation graphique de la première étape de décomposition de notre AGV. Il met en évidence l'organisation interne du système en faisant apparaître cinq blocs dont la décomposition va nous permettre d'analyser le fonctionnement de la machine.

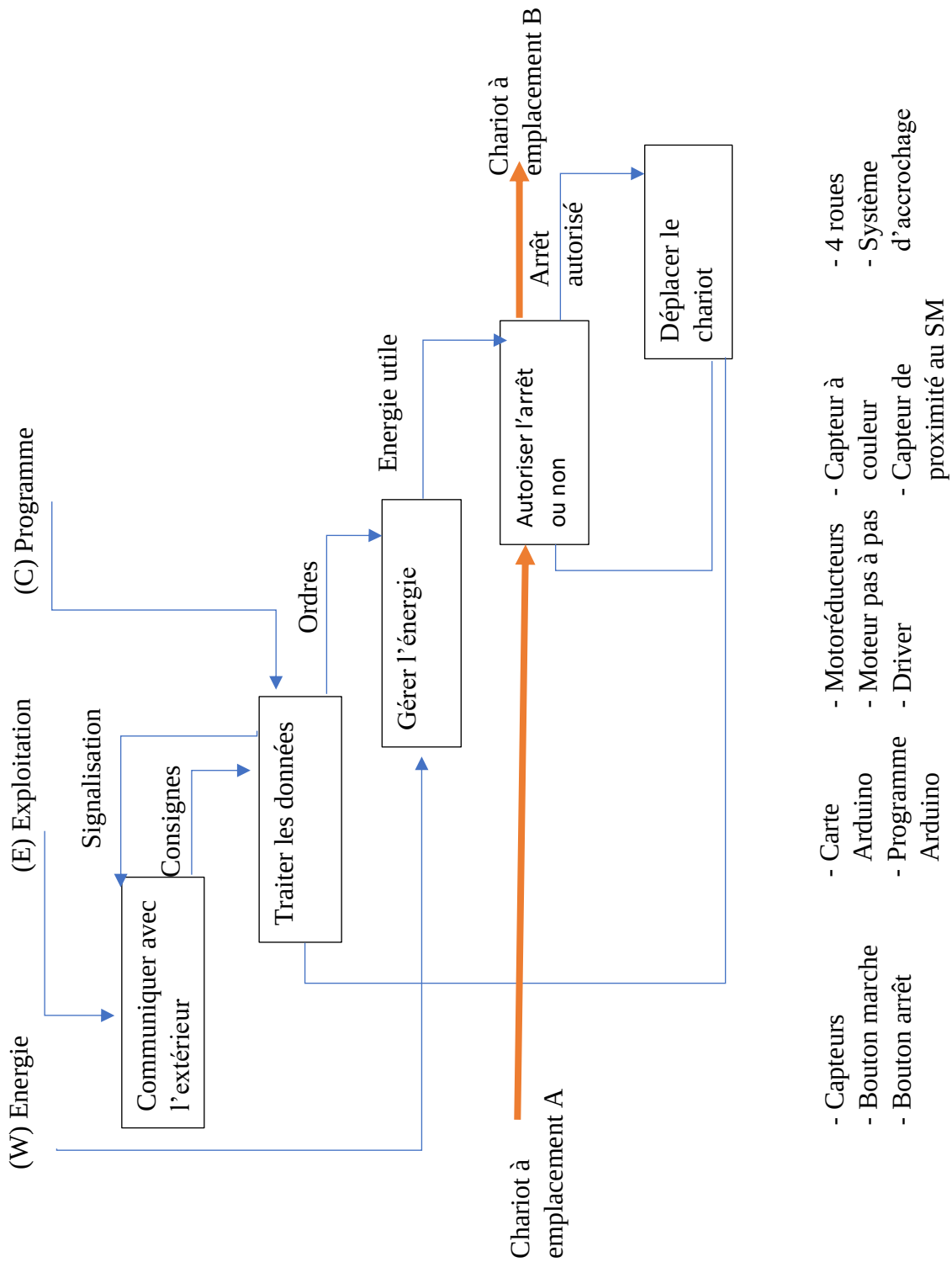


Figure 3.15 : Diagramme SADT niveau A0 de l'AGV

3.4.2.5 Diagramme FAST

Le principe de la méthode FAST, est de décomposer les fonctions techniques internes du produit jusqu'à établir leur relation, leur intervention, dans la réalisation des fonctions de service.

Pour étudier le fonctionnement de l'AGV, on utilise l'outil diagramme FAST. Cela permet de comprendre comment sont organisées les fonctions du système et de montrer les solutions techniques possibles ou retenues.

La figure suivante correspond au diagramme FAST de la fonction principale du chariot automatique :

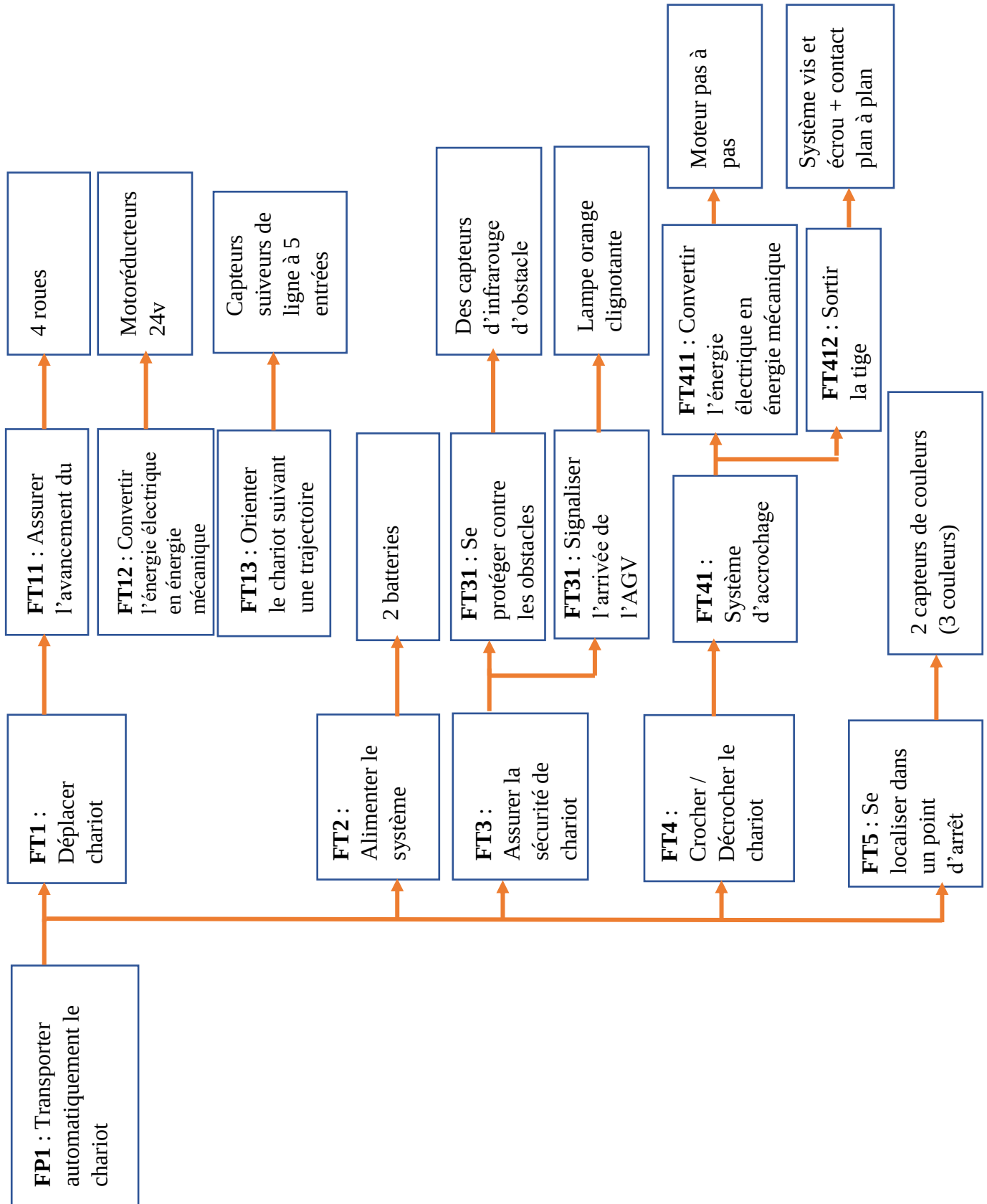


Figure 3.16 : Diagramme FAST de l'AGV

3.4.3 Fonctionnement

Le principe de fonctionnement de l'AGV consiste à déplacer les chariots remplis du supermarché vers les chaînes de production ou des chaînes vers supermarché en suivant un trajet bien déterminé en passant par des points définis de chaque chaîne.

3.4.4 Trajet de l'AGV

La figure 3.17 représente le trajet Du chariot automatisé dans la zone X10.

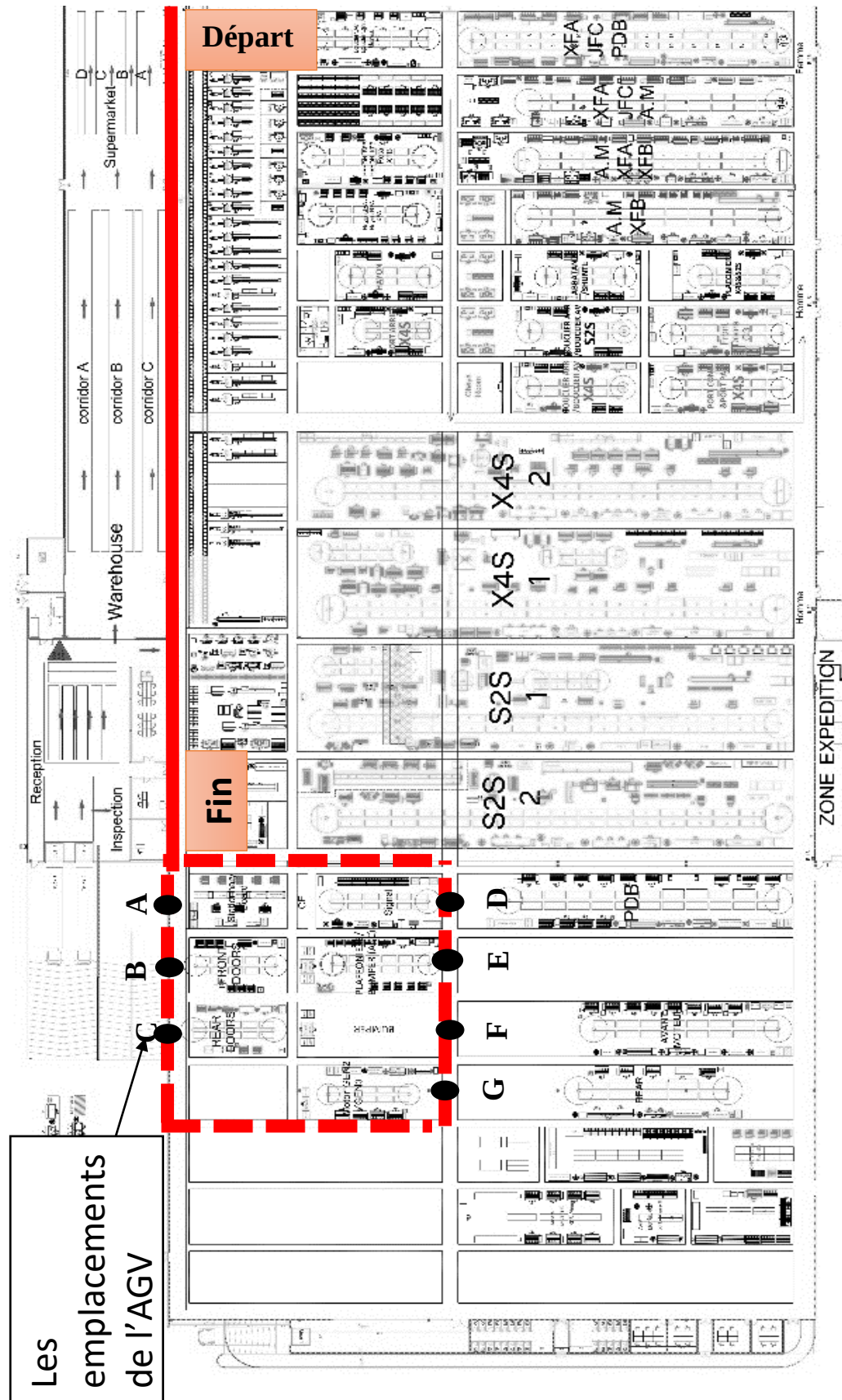


Figure 3.17 : Le trajet de l'AGV dans la zone X10

3.4.5 Le cycle de distribution de l'AGV

Le but de l'automatisation de déplacement des chariots est de réduire le nombre de distributeurs, en effet l'alimentation de l'extension X10 est assurée par seul distributeur par shift, donc nous pouvons éliminer le distributeur de la zone tout en assurant la distribution par le polyvalent de chaque chaîne.

L'AGV déplace les chariots comme suit :

- Déplacer les chariots remplis de bins vides des chaînes de production vers le supermarché après la collecte des boxes vides par le polyvalent.
- Déplacer les chariots du supermarché vers les chaînes de production après le remplissage des boxes dans le supermarché.

3.4.6 Distance parcourue par l'AGV

Nous avons calculé la distance parcourue dans chaque aller et retour, puis nous avons sommé les distances pour avoir la distance par cycle :

Tableau 3.5 : Distance parcourue par l'AGV

	Distance en m
Du départ au point A	131.48
Du point A au point B	9.1
Du point B au point C	9.1
Du point C au point D	38.62
Du point D au point G	9.1
Du point G au point F	9.1
Du point F au point E	9.1
Du point E au point D	9.1
Du point D à la Fin	40.62
De la Fin au Départ	127.43
La somme	383.65

La distance totale parcourue par l'AGV dans un aller –retour est de 383.65 m.

3.4.7 Etude des paramètres de l'AGV

Le nombre de cycle pour l'AGV est de 6 cycles (4 cycles de box et 2 cycles de volumes), donc le cycle time de l'AGV par cycle est : $480/6 = 80$ min. Nous avons estimé le temps de changement du chariot vide/plein dans le supermarché par 2 min.

Le tableau 3.6 montre une étude des paramètres de l'AGV

Tableau 3.6 : Etude des paramètres AGV

Distance aller-retour (m)	384
Temps disponible (S)	28800
Nombre de cycle de box	4
Nombre de cycle de volume	2

Ensuite nous avons calculé la vitesse du chariot automatisé par la formule suivante :

$$V = \frac{d}{t} \text{ en m/s}$$

Tableau 3.7 : Calcul de la vitesse de l'AGV

	m/s	m/min	Cycle capacité (8H)	%
Vitesse nécessaire	0.08 ⁽¹⁾	4.8	6	100
Vitesse synchronisée ciblée chaque une heure	0.11 ⁽²⁾	6.6	8	133

(1) $0.08 \text{ m/s} = (384 \times 6) / 28800$

(2) $0.11 \text{ m/s} = (384 \times 1) / 3600$ avec $(6/8 = 0.751=1)$ c'est le nombre de cycle dans une heure.

Notre choix s'est orienté vers la vitesse synchronisée parce qu'elle nous permettra de respecter le cycle time de l'alimentation de chaque 8h, et de standardiser le temps de collecte des bins vides, le temps de leur remplissage dans le supermarché ainsi le temps de l'alimentation des bins remplies par le polyvalent.

3.4.8 Les composants de l'AGV

L'AGV doit être capable de suivre une bande noire d'une largeur définie, d'une manière autonome et plus rapide, tout en gérant sa vitesse et sa direction. Notre AGV est composé de :

- Carte Arduino Méga 2560.
- Deux moteurs CC à 2 sens.
- Un moteur pas à pas.

- Un Driver.
- Un capteur de ligne.
- Deux capteurs de couleur.
- Un capteur ultrasons d'obstacle.
- Un détecteur de proximité.
- Deux batteries Lipo 5000 mAh 25 C.
- Quatre roues.
- Motoréducteur

Carte Arduino Méga 2560

La carte Arduino Méga 2560 est une carte à microcontrôleur basée sur un ATmega2560. Cette carte dispose de :

- 54 broches numériques d'entrées/sorties (dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)),
- 16 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques) ;
- 4 UART (port série matériel) ;
- Quartz 16Mhz ;
- Connexion USB ;
- Connecteur d'alimentation jack ;
- Connecteur ICSP (programmation "in-circuit") ;
- Bouton de réinitialisation (reset).

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur. Pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

La carte Arduino Méga 2560 est compatible avec les circuits imprimés prévus pour les cartes Arduino Uno, Duemilanove ou Diecimila.

La figure 3.18 représente la carte Arduino Méga 2560

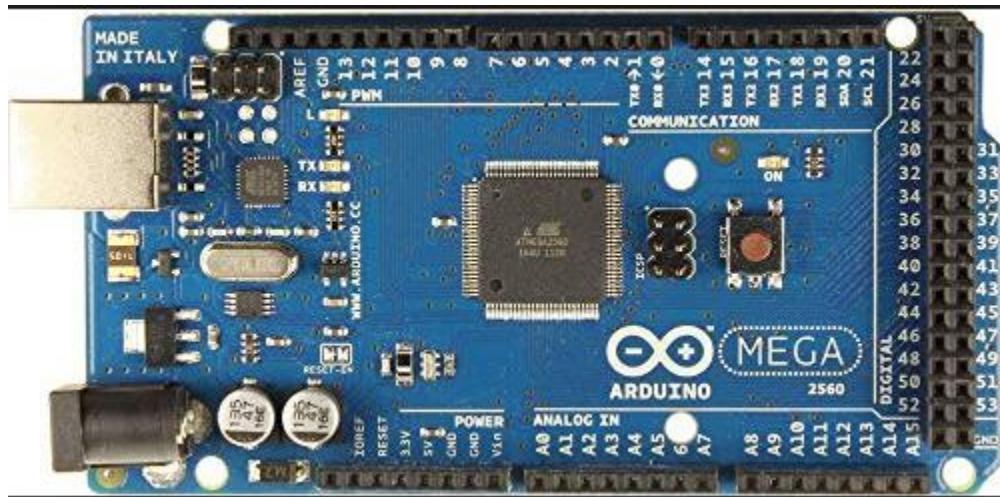


Figure 3.18 : La carte Arduino méga 2560

Motoréducteur à courant continue à deux sens

Les paramètres [³] du MCC sont :

On a la vitesse de l'AGV est : $V = 0.11 \text{ m/s} = 6.6 \text{ m/min}$ et le diamètre de la roue est : $r = 60 \text{ mm}$
 Donc $\omega = V/r = 1.83 \text{ rad/s}$ → La vitesse angulaire est $N = (\omega * 60 / 2 * \pi) = 17.47 \text{ tr/min}$

L'AGV doit supporter une charge de 200 Kg alors la force appliquer sur le chariot automatisé est :
 $F = m * g = 200 * 9.8 = 1960 \text{ N}$ ainsi que la puissance est égale à : $P = F * V = 1960 * 0.11 = 216 \text{ N}$

Le couple et la puissance nous les avons calculés à l'aide d'un dimensionnement en ligne, la figure 3.19 présente l'ensemble des résultats obtenus [⁴].

RÉSULTAT:

Vitesse de rotation de chaque roue:	26.274	tr/min
Couple au niveau de chaque roue:	4.4421	Nm
Puissance Totale:	12.216	W
Courant maximum:	0.50899	[A]
Capacité de la batterie:	5.4292	[Ah]

Figure 3.19 : Calcul de la puissance et le couple

³ <https://openclassrooms.com/forum/sujet/calcul-couple-puissance-d-un-moteur-electrique-cc>

⁴ <https://www.technologuepro.com/outils/dimensionnement-moteur.html>

Le tableau suivant regroupe les exigences de l'entreprise

Tableau 3.8 : Les caractéristiques de MCC

Type	Vitesse (m/min)	Vitesse angulaire(tr/min)	La force(N)	La puissance (w)	Le couple (N.m)
MCC	6.6m/min	17.47 tr/min	1960	12.5	4.4

Ces résultats sont générés pour un seul moteur alors que nous nous aurons besoin de deux motoréducteurs.

Nous avons cherché le fournisseur qui a ce genre de moteur avec un prix raisonnable et nous avons trouvé ce modèle :

Tableau 3.9 : Motoréducteur de l'AGV ⁵

Référence	111.3761.30.00E
Fabricant	DOGA
Type	MCC
Tension d'alimentation	24 V
Courant	2 A
Couple	5 Nm
Vitesse de rotation	40 tr/min
Puissance	20 W
Dimensions	178 x 60 x 100,6 mm
Prix	146,28 €

Capteur Infrarouge Suiveur de Ligne Cytron [6]



Figure 3.20 : Capteur suiveur de ligne

⁵ <https://fr.rs-online.com/web/p/motoreducteurs-a-courant-continu/3808649/>

⁶ <https://www.robotshop.com/ca/fr/capteur-infrarouge-suiveur-ligne-cytron-lss05.html#Liens-utiles>

Le capteur infrarouge de ligne à les caractéristiques suivantes :

Figure 3.21 : Les propriétés d'un capteur infrarouge de ligne

Alimentation	Consommation	Distance optimale	Dimensions	Référence fabricant
5 Vcc	25 Ma	De 1 à 3 cm	64 x 28 x 6 mm	mm RB-Cyt-110

LSS05 (barre de capteur de ligne à faible coût) se compose de 5 transmetteurs IR et de paires de récepteurs IR. LSS05 est généralement utilisé pour le système embarqué ou les robots dans la ligne suivante. LSS05 peut être utilisé pour la ligne sombre ou brillante suivant. Toute couleur avec différence de luminosité distincte convient à LSS05.

La protection contre la polarité de l'alimentation est disponible sur LSS05 dans le cas où l'utilisateur applique accidentellement une tension inverse. Chaque capteur des 5 capteurs sur LSS05 est indépendant l'un de l'autre. Chaque capteur est équipé de ses propres LED comme indication de détection de ligne.

LSS05 dispose d'un bouton d'étalonnage manuel. Le bouton d'étalonnage est multifonctionnel. L'utilisateur peut également saisir un mode de fonctionnement différent en utilisant le bouton d'étalonnage comme alternative au signal d'étalonnage.

Note : La couleur rouge est très lumineuse pour le capteur IR, donc LSS05 a des difficultés dans la ligne de couleur rouge-blanc. [7]

Capteur ultrason d'obstacle

Lorsque le module détecte les obstacles devant lui, le signal, voyant vert est 'OUT ' La distance de détection de ce module est de 2 à 60 cm, l'angle de détection est de 35 [8].



Figure 3.22 : Capteur infrarouge d'obstacle

⁷ <https://www.robotshop.com/media/files/PDF/manual-lss05.pdf>

⁸ <https://e.banana-pi.fr/distance/121-module-de-capteur-infrarouge-d-evitement-d-obstacles.html>

Capteur de couleur

Le capteur de couleur RGB KPS-5130PD7C consiste en 3 photodiodes silicium sensibles chacune à une couleur (rouge, verte ou bleue). [9]



Figure 3.23 : Capteur de couleur

Tableau 3.10 : Les caractéristiques de capteur de couleur

	Rouge	Vert	Bleu
Longueur d'onde	630 nm	560 nm	470 nm
IL	0,35 μ A	0,05 μ A	0,30 μ A
Vf	0,5 V		

Dans cette partie nous avons proposé des solutions qui peuvent faciliter le déroulement du processus de distribution de la matière première. La partie suivante fera l'objet d'une étude d'implémentation de la technologie RFID afin de réduire et contrôler les encours

3.5 Implémentation du système de traçabilité par RFID

Dans le cadre de l'amélioration continue de la position de YAZAKI dans le tissu économique mondial, en tant que leader mondial dans le domaine du câblage automobile, cette dernière vise l'amélioration de la chaîne logistique globale dans le but d'optimiser les charges et les pertes, problèmes dus aux failles de traçabilité et aux écarts d'inventaire. Le projet implémentation de la technologie RFID est la tendance des industries géantes dans le monde entier, vue l'importance de la traçabilité des chaînes logistiques, et le suivi en temps réel des ressources, chose qui permet une forte rapidité et réaction dans la résolution et l'anticipation des problèmes.

Dans cet ordre d'idées, cette partie s'articule principalement autour de la mise en place de la technologie RFID. Premièrement une définition de cette technologie et son fonctionnement sont effectués afin de choisir le type RFID approprié à notre cas. Deuxièmement, une description de processus d'alimentation des composants avec les tags RFID et finalement une étude financière pour calculer le coût d'investissement de cette implémentation.

⁹ <https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-couleur-rgb-2530.htm>

3.5.1 Technologie RFID

3.5.1.1 Qu'est-ce qu'un système RFID ?

Le terme RFID englobe toutes les technologies qui utilisent les ondes radio pour identifier automatiquement des objets ou des personnes.

Un système RFID autrement dit l'identification par radiofréquence est une technologie qui permet à l'entreprise de localiser, mémoriser et de récupérer des informations à distance grâce à une étiquette (Tag) qui émet des ondes-radio.

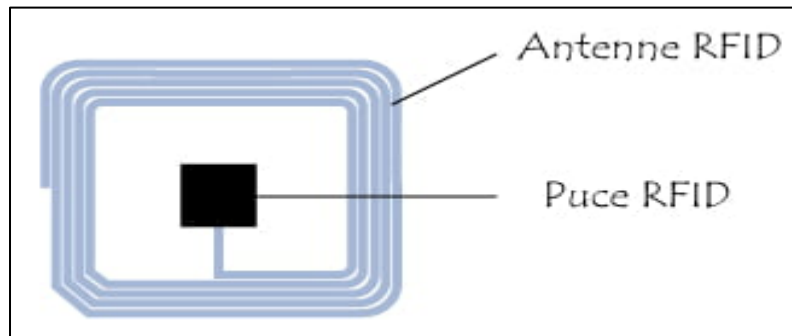


Figure 3.24 : Puce RFID

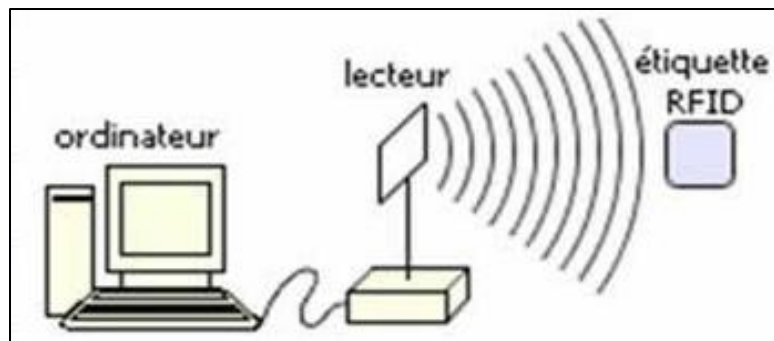


Figure 3.25 : Système RFID

3.5.1.2 Comment fonctionne le système RFID ?

Le système RFID fonctionne de la manière suivante :

- L'étiquette RFID (Le tag) est elle-même équipée d'une puce reliée à une antenne, l'antenne permet à la puce de transmettre les informations (numéro de série, OF.) qui peuvent être lues grâce à un lecteur émetteur-récepteur.
- Une fois les informations transmises au lecteur RFID équipée d'une antenne intégrée ou externe, celui-ci n'a plus qu'à convertir les ondes-radio en données et celles-ci pourront être lues par un logiciel RFID.

Les différents systèmes RFID sont caractérisés principalement par leur fréquence de communication. Cependant, outre cette fréquence porteuse, d'autres caractéristiques définissent également les étiquettes RFID et constituent la base de leurs spécifications :

- L'origine et la nature de l'énergie (tags passifs ou actifs)
- La distance de lecture ;
- La programmabilité ;
- La taille mémoire ;
- Les propriétés du packaging (matériaux) ;
- Le nombre de tags lus simultanément ;
- Le coût.

3.5.1.3 Les types de RFID

i. RFID active

La radio identification active est une forme de technologie d'identification caractérisée par l'usage de tags actifs également appelés étiquettes actives.

Les tags sont de petits objets qui peuvent être collés sur des objets ou insérés dans ces mêmes objets, ils sont composés :

- D'une puce électronique,
- D'une antenne.

Ainsi, on parle de RFID active lorsque les étiquettes ou tags sont actifs c'est-à-dire qu'ils sont alimentés par une source d'énergie embarquée : batterie, pile... Cette source d'énergie permet à la puce de diffuser un signal vers le lecteur RFID.

➤ Avantages :

Les étiquettes actives sont équipées d'une énergie propre qui leur permet d'émettre un signal de manière autonome.

De ce fait le principal avantage repose sur la longue distance à laquelle elles peuvent communiquer les données sans qu'un lecteur RFID se situe à proximité du tag.

➤ Inconvénients :

L'inconvénient principal de la RFID active repose sur :

- La confidentialité des informations transmises ;
- Le coût des étiquettes ;
- L'impact sur la santé très controversé dû à l'émission d'ondes magnétiques ;
- La durée de fonctionnement limitée des étiquettes.

ii. **RFID passive**

À l'inverse des tags actifs, les tags passifs ne disposent pas de batterie : ils puisent leur énergie à travers le signal électromagnétique du lecteur qui permet d'activer le tag et lui permet ainsi d'émettre les informations.

Les tags passifs utilisent différentes bandes de fréquences radio selon :

- Leur capacité à transmettre les données à des distances plus ou moins grandes,
- Les substances différentes que les données doivent traverser (air, eau, métal...).

Les utilisations de la RFID passive

Tout comme le système RFID active, la RFID passive connaît des domaines d'application très divers, prenons ces quelques exemples :

- L'identification d'animaux,
- La traçabilité des déchets,
- Le suivi des colis postaux,
- Chaîne d'approvisionnement,
- La gestion des stocks.

Les avantages

Parmi les avantages attendus les plus importants de la RFID passive, on note :

- **Exactitude de l'inventaire** : avec chacune des unités logistiques capables « d'émettre » l'information concernant leur position dans l'entrepôt, la prise d'inventaire devient beaucoup plus précise et rapide. En effet, aucun décompte manuel n'est requis afin de s'assurer que la marchandise est bel et bien disponible.
- **Visibilité sur la chaîne logistique / diminution du risque de pénurie** : une meilleure planification devient possible à tous les niveaux grâce à une coopération accrue des différents maillons d'une chaîne logistique ainsi qu'à l'aide de capteurs positionnés stratégiquement. En centralisant l'information recueillie, les divers joueurs peuvent accéder facilement à l'information liée aux mouvements de produits en amont et ainsi ajuster leurs comportements afin d'éviter d'éventuelles perturbations. L'aspect intéressant qui ressort de l'avantage d'avoir une meilleure visibilité réside dans un accès en temps réel à l'information, accès qui ne dépend pas d'une communication entre deux personnes.
- **Réduction du taux d'erreur** : la RFID permet d'intercepter une erreur avant même qu'elle ne soit commise. Par exemple, les capteurs situés sur les quais d'expédition d'un centre de distribution sont en mesure d'identifier si un envoi est incomplet ou erroné avant que le camion ne quitte les quais, et ce, sans vérification manuelle effectuée par un employé.
- **Gains de productivité** : comme le code à barres, la RFID fournit l'information permettant de gérer efficacement le flux des produits. Cependant, la RFID élimine la lecture

séquentielle des codes à barres, ce qui supprime une multitude de tâches sans valeur ajoutée. Effectivement, le décompte des marchandises lors de leur réception, la vérification et la validation des expéditions, l'orientation des caisses sur un convoyeur font partie une foule de tâches qui disparaissent suite à l'implantation de la RFID.

- **Traçabilité** : cet aspect sera particulièrement bénéfique aux industries où les produits sont régis par des normes de santé et sécurité très strictes (ex. : alimentaire, automobile). L'historique du cheminement de chaque étiquette RFID est facilement disponible, ce qui entraîne une réduction des coûts faramineux liés aux rappels de marchandises.

Dans notre cas nous avons choisis la RFID passive parce que c'est la plus adapté aux chaines logistiques ainsi que le coût des tags passifs sont moins onéreux que les tags actifs.

3.5.2 Introduction des tags RFID dans le processus d'alimentation

Afin de garder une traçabilité du flux de la matière première dans les chaines d'assemblage, nous avons pensé à intégrer les tags dans les box tout en suivant le processus présenté dans la figure 3.26.

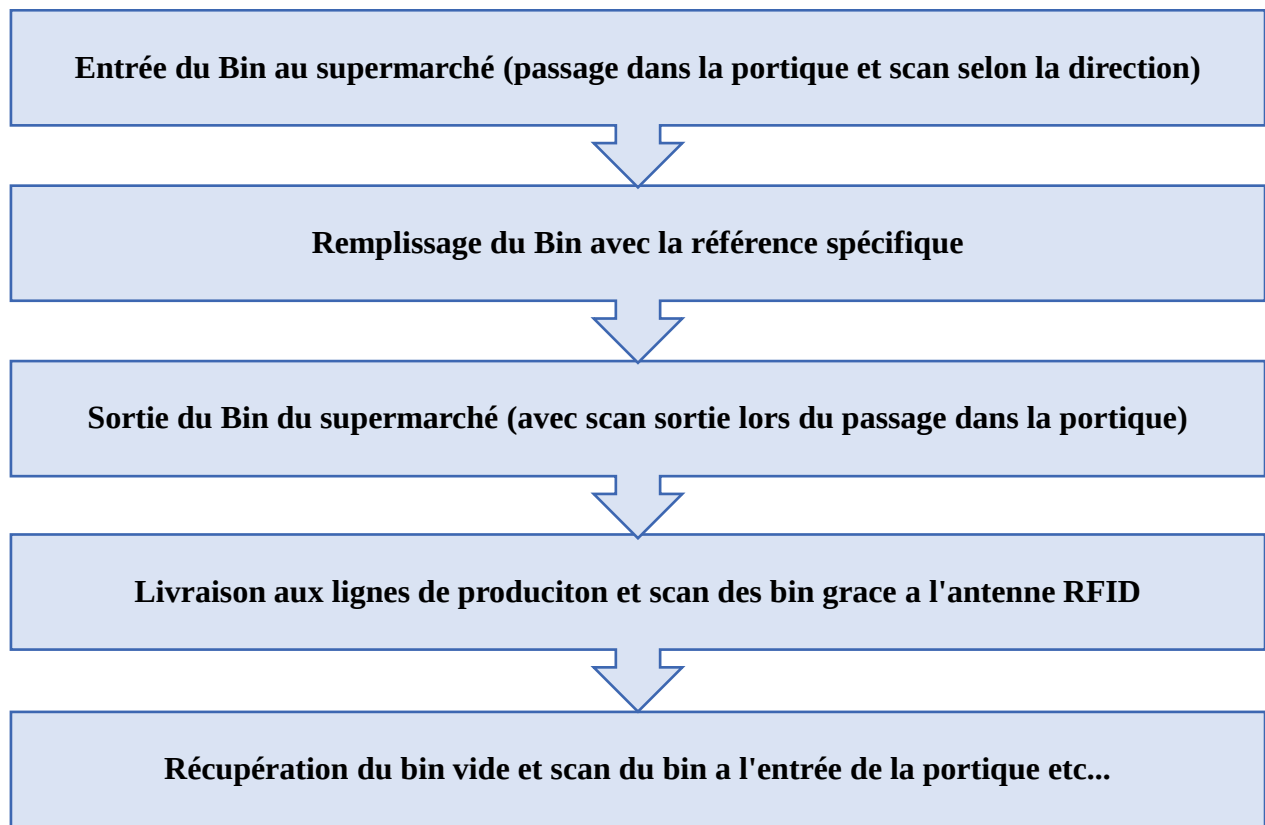


Figure 3.26 : Processus d'alimentation avec tags RFID

Voilà comment on prévoit l'intégration des équipements RFID dans nous propre matériel, un tag collé sur les box comme il est illustré dans la figure 5.4, le choix de l'emplacement n'est pas arbitraire, c'est pour donner plus de visibilité et détectabilité par les lecteurs.

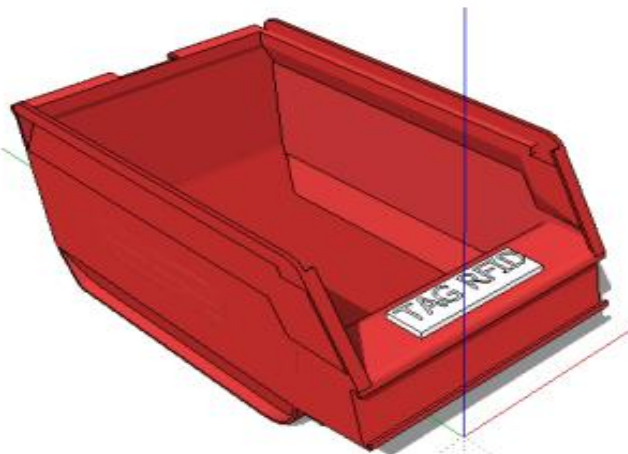


Figure 3.27 : Box avec tag RFID

Un portique RFID contient des lecteurs lisent les informations enregistrées sur les Tags des box, et les envoyées vers le serveur principal qui fait la liaison entre tag et bases de données et finalement actualiser les quantités dans le système SAP.

Cette technologie va nous permettre de dispenser des coûts supplémentaires des inventaires que font les magasiniers à la fin de chaque shift.

3.5.3 Coût d'investissement

Après un échange des questions réponses avec le fournisseur par emails et téléphone, il nous a envoyé une première estimation de budget général qui est détaillée dans le tableau 3.11.

Tableau 3.11 : Devis de l'implémentation de la RFID

	Global budget RFID Solution		
	Prix unitaire	Qté	Prix total en DH
TAG	8,3	134(*)	1112.2
Développement	248000	1	248000
Licence et support	92000	1	92000
Portique RFID	105 000,00	1	105000
Lecteurs	17500	3	52500
Mise en service	116000	1	116000
Serveur	9 800,00	1	9800
	Somme		624 412.2 DH

(*) Le nombre de tags est estimé suivant le système two bins adopté par Yazaki et qui consiste à disposer de deux bins spécifiques uniquement pour chaque référence, et puisque nous avons 67 références spécifiques au projet X10 donc le nombre de tags va être le nombre de références sur lesquels notre étude porte multiplié par deux

Ce devis n'est pas fermé, la validation et confirmation technique du projet mène à des négociations par les services achat. De notre part nous avons fait notre proposition suite à des recherches et des estimations¹⁰.

¹⁰ <https://rfid.ooreka.fr/comprendre/prix-rfid>

Le tableau suivant illustre le coût d'investissement final de la RFID.

Tableau 3.12 : Devis final de la RFID

	Global budget RFID Solution		
	Prix unitaire	Qté	Prix total en DH
TAG	2,3	134	308,2
Développement	180000	1	180000
Licence et support	7000	4	28000
Portique RFID	19 604,70	1	19604,7
Lecteurs	4 901,18	3	14703,525
Mise en service	116000	1	116000
Serveur	8 204,40	1	8204,4
	Somme		366 820.825 DH

L'écart était donc une réduction de : **624 412.2 DH - 366 820.825 DH = 257591.375 DH**

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons proposé des solutions qui peuvent faciliter le déroulement du processus de distribution de la matière première par une reconception du chariot, une amélioration du trajet de distribution avec la conception des canaux d'alimentation et l'implémentation d'un AGV. La deuxième partie chapitre a été dédiée à la solution proposée RFID pour la réduction et la minimisation des encours afin assurer la traçabilité de la matière première dans le but de réduire et contrôler les encours.

Chapitre IV

Etude économique du projet

Chapitre IV

Etude économique du projet

4.1 Introduction

Les chapitres précédents nous ont permis d'élaborer les solutions possibles pour améliorer le processus d'alimentation des chaînes d'assemblages, Ce chapitre est consacré au contrôle et le suivi de ces actions en termes de coût d'investissement et les gains réalisés suite à ces améliorations.

4.2 Investissement pour le nouveau chariot et la glissière

La structure du chariot et celle des glissières est presque constituée des mêmes composants, le tableau suivant regroupe le prix et la quantité de chaque élément permettant d'obtenir le coût total :

Le tableau 4.1 représente le coût total des deux chariots de la zone X10 et le prix des glissières d'un seul poste.

Tableau 4.1 : Budget de la conception d'un nouveau chariot et la glissière

Budget de la conception de nouveaux chariots et la glissière						
	Photo	Prix unitaire (Dh)	Quantité Pour un chariot	Prix total de deux Chariots (Dh)	Quantité pour 2 Glissières (DH)	Prix total de 2 glissières
Joint		15	22	660	6	90
Barre		20	30	1200	8	160
Plaque en acier		80	5	800	2	160
Roue		40	4	320		
			Coût des 2 chariots	2980 DH	Coût des glissières	410 DH

4.3 Investissement de l'AGV

Dans le quatrième chapitre nous avons présenté une étude technique du chariot automatisé, ainsi que ces composants, dans cette partie nous allons élaborer le coût d'investissement de l'AGV en se basant sur des recherches sur internet à propos des prix de l'ensemble des pièces du chariot automatisé.

Après quelques recherches nous avons pu s'informer des prix de chaque composant, et le tableau 4.2 redresse le prix total de l'AGV

Tableau 4.2 : Coût d'investissement total de l'AGV

Composants	Quantité	Coût (Dh)
Carte Arduino Méga	1	160 ¹¹
Motoréducteur	2	2984 ¹²
Moteur pas à pas	1	320 ¹³
Batterie	2	540 ¹⁴
Capteur infrarouge obstacle	1	30 ¹⁵
Capteur suiveur de ligne	1	180 ¹⁶
Capteur couleur	2	40 ¹⁷
Capteur de proximité	1	22 ¹⁸
Lampe clignotante	1	60 ¹⁹
Plaque métallique (2m x 2m)	1	850 ²⁰
Roue	4	160
Total		5346 DH

4.4 Gains réalisés suite aux solutions proposées

4.4.1 Gains apportés par l'implémentation de la technologie RFID

❖ Gains suite à l'élimination des inventaires cycliques

Comme nous avons déjà mentionné dans le chapitre précédent un inventaire se fait chaque shift pendant une heure pour compter les bins et des fois les composants dans les boxes en vue d'obtenir une image réelle sur la valeur du stock. Le système RFID que nous avons proposé réalisera cette tâche et donc nous dispensera des opérateurs chargés de cette opération (2 opérateurs

¹¹ https://www.cdiseout.com/bricolage/electricite/xsource-nouveau-atmega2560-16au-atmega16u2-maquet/f-1661416-xcs4894479290460.html?idOffre=49758097#cm_rr=FP:7931351:NH:CAR

¹² <https://fr.rs-online.com/web/p/motoreducteurs-a-courant-continu/3808649/>

¹³ <https://www.robotshop.com/eu/fr/moteur-pas-a-pas-hybride-nema-17-pour-replicator-2-2x.html>

¹⁴ https://hobbyking.com/fr_fr/turnigy-5000mah-3s-25c-lipo-pack.html

¹⁵ <https://www.cdiseout.com/bricolage/electricite/xsource-ir-infrarouge-obstacle-prevention-module/f-1661416-xcs4894479459614.html#mpos=2|mp>

¹⁶ <https://www.robotshop.com/ca/fr/capteur-infrarouge-suiveur-ligne-cytron-lss05.html>

¹⁷ https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-couleur-rgb-2530.htm#complte_desc

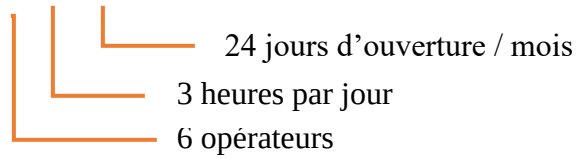
¹⁸ <https://www.robotshop.com/eu/fr/capteur-proximite-ir-osepp.html>

¹⁹ https://www.cdiseout.com/maison/ampoules-led-halogenes/banconre-r-impermeable-a-l-eau-2x-clignotant-moto/f-11731-auc2009286900996.html?idOffre=303594656#cm_rr=FP:8978962:NH:CAR

²⁰ <https://www.metalaladecoupe.com/francais/toles.asp?tbout=acier>

par shift) et éventuellement du temps associé, puisque grâce à celle-ci, il suffit de regarder sur système l'emplacement des bins et les quantités restantes dans le stock.

$$\text{Gain} = \text{Coût du magasinier} * 6 * 3 * 24 = 5551.2 \text{ DH / mois}$$



Tel que le coût du magasinier par heure est 12.85DH.

❖ Gains financiers apportés par la réduction des encours

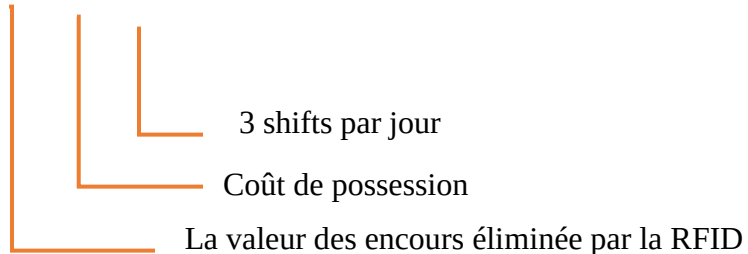
Le contrôle et le suivi de sortie du magasin à l'aide de la technologie RFID a comme gain de diminuer la valeur des WIP dans la zone X10 avec un pourcentage de 50% d'après l'objectif fixé par la centrale Européen.

L'objectif de l'étude était d'avoir une valeur des encours qui tend vers 0 : 234 310 DH → 0.

C'est-à-dire d'éliminer à 100% la valeur des WIP dans les chaines de production, cependant avec le système RFID nous pouvons obtenir 50% de la réduction.

Ainsi, la réduction des encours sera : 234 310 DH → 117 155 DH, autrement dit, 117 155DH sera éliminer, ceci peut être interprété par le gain qui suit :

$$\text{Gain} = 117\,155 * 50\% * 3 * 30 = 527\,197.5 \text{ DH/ mois}$$



Donc pour la zone du projet X10, nous allons gagner 527 197.5 DH de l'espace occupé par les composants dans les chaines de production.

Alors l'implémentation de la technologie RFID apporte un gain total de $527\,197.5 + 5551.2 = 532748.7 \text{ DH par mois}$, c'est-à-dire un gain annuel de **6 325 170 DH**

Le retour sur un investissement (payback) de la RFID est de 3ans ($366820.825 / 117155 = 3.13\text{ans}$)

4.4.2 Gains atteints suite à l'optimisation du trajet de distribution

L'action de l'optimisation du trajet de distribution nous a permis de gagner 30 min dans un cycle de 4 heures vu que l'ancien temps était de 45min en moyenne et avec la solution proposée est devenu 14min.

Donc avec cette proposition nous avons gagné une heure par shift qui pourra être exploitée dans d'autres tâches.

Le manque à gagner est :

$$\text{Gain} = 1 * 3 * 12.85 * 24 * 12 = \mathbf{11\ 102.4\ DH/ an}$$

Avec :

- 3 shifts / jour.
- Salaire/h : 12.85 DH.
- 24 jours d'ouverture.

4.4.3 Gains réalisés par l'implémentation de l'AGV

❖ Coût des opérateurs réduits

L'implémentation de l'AGV va nous diminuer les dépenses de main d'œuvre, puisque nous allons économiser deux distributeurs dans la journée. Nous aurons alors 8 distributeurs au lieu de 10.

Donc le montant gagné suite à la réduction de nombre des distributeurs est :

Coût des opérateurs réduit = nombre des opérateurs réduits * temps de travail * salaire*
heure de travail

Avec :

- Heures de travail / an : 270 jours.
- Temps de travail : 7.76 h.
- Salaire/h : 12.85 Dh

Donc le coût des opérateurs réduit est :

$$\text{Coût des opérateurs réduit} = 2 * 7.76 * 12.85 * 270 = 53846.64\ DH$$

Nous pouvons estimer un gain réalisé par l'AGV de :

$$\text{Gain AGV} = \text{Coût des opérateurs réduit} - \text{coût d'investissement d'AGV}$$

Avec Coût d'investissement d'AGV = Coût des composants d'AGV + Coût des nouveaux chariots = 5346 + 2980 = 8326 DH

$$\text{Gain AGV} = 53846.64 - 8326 = \mathbf{45520.64\ DH / an}$$

Synthèse des gains

Ces améliorations ont permis à l'entreprise d'avoir un gain important, avec un délai de retour sur investissement (Payback) court. L'étude financière est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 4.3 : Résumé des gains

Investissement total DH	Gain total DH	Payback
375 146.825 DH	6 381793.04 DH	22 jours

4.5 Conclusion

Ce chapitre évoque le coût d'investissement nécessaires des solutions proposées pour le contrôle des encours et le processus de distribution, ainsi il présente les gains apportés suite à la mise en œuvre de ces solutions.

Conclusion générale et perspectives

Le travail présenté dans ce mémoire, réalisé dans le cadre d'un stage de fin d'études au sein de YAZAKI MOROCCO Meknès a pour objectif de répondre à la problématique posée par l'équipe du département logistique, qui est l'amélioration du processus d'alimentation des chaînes d'assemblage.

Une analyse méthodique des besoins auxquels il fallait répondre nous a conduit à formuler des objectifs clairs et donc traiter cette problématique sur la base de la démarche DMAIC, en définissant en premier lieu les ressources mises en place, cartographier le flux de distribution de la matière première au niveau du projet X10 choisi en vue de détecter les anomalies et cibler les opportunités à améliorer. La valeur du encours aberrante et le travail non-standardisé des distributeurs sont les deux axes qui engendrent une perte pour l'entreprise, c'est ainsi que nous avons proposé par la suite des actions d'amélioration dans ce sens.

Nous avons tout d'abord proposé une nouvelle conception du chariot de distribution, ensuite nous avons définis le trajet que le distributeur devrait suivre. Puis, nous avons implémenté des canaux d'alimentation pour rendre la solution du trajet applicable. Ces améliorations nous ont permis de réduire le temps de distributions des composants en éliminant les aller retours qu'effectuait avant le distributeur. Cependant l'entreprise envisage d'automatiser le processus de distribution afin de standardiser le cycle de distributeur et diminuer les dépenses de main d'œuvre, pour cette raison nous avons proposé de faire une étude d'implémentation de l'AGV.

Nous avons également proposé de mettre en place un système RFID afin d'assurer la traçabilité de la matière première, et pour suivre et visualiser en tout instant le mouvement et la quantité de chaque type de composant.

Les différentes actions mises en place ont permis de réduire la valeur des encours dans le projet X10 par 50% et réduire le temps à non-valeur ajouté des distributeurs et donc d'augmenter le taux de leur productivité, ainsi de standardiser le cycle de la distribution.

Les perspectives du projet peuvent être résumées dans les points suivants : D'une part, l'intégration de la technologie RFID dans le système SAP pour qu'elle soit accessible par les différents services et qu'elle soit facilement mise à jour en cas de nouveaux projet. D'autre part, l'implémentation des solutions proposée sur l'ensemble des chaînes de l'usine à savoir l'AGV.

Bibliographie

- [1] PRODUCT DESIGN AND DEVELOPEMENT KARL T. URLICH & STEVEN D. EPPINGER
- [2] <https://www.technologuepro.com/outils/dimensionnement-moteur.html>
- [3] <https://fr.rs-online.com/web/p/motoreducteurs-a-courant-continu/3808649/>
- [4] <https://www.robotshop.com/ca/fr/capteur-infrarouge-suiveur-ligne-cytron-lss05.html#Liens-utiles>
- [5] <https://www.robotshop.com/media/files/PDF/manual-lss05.pdf>
- [6] <https://e.banana-pi.fr/distance/121-module-de-capteur-infrarouge-d-evitement-d-obstacles.html>
- [7] <https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-couleur-rgb-2530.htm>
- [8] <https://rfid.ooreka.fr/comprendre/prix-rfid>
- [9] https://www.cdiscount.com/bricolage/electricite/xcsourc-nouveau-atmega2560-16au-atmega16u2-maquet/f-1661416-xcs4894479290460.html?idOffre=49758097#cm_rr=FP:7931351:NH:CAR
- [10] <https://fr.rs-online.com/web/p/motoreducteurs-a-courant-continu/3808649/>
- [11] <https://www.robotshop.com/eu/fr/moteur-pas-a-pas-hybride-nema-17-pour-replicator-2-2x.html>
- [12] https://hobbyking.com/fr_fr/turnigy-5000mah-3s-25c-lipo-pack.html
- [13] <https://www.cdiscount.com/bricolage/electricite/xcsourc-ir-infrarouge-obstacle-prevention-module/f-1661416-xcs4894479459614.html#mpos=2|mp>
- [14] <https://www.robotshop.com/ca/fr/capteur-infrarouge-suiveur-ligne-cytron-lss05.html>
- [15] https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-couleur-rgb-2530.htm#complte_desc
- [16] <https://www.robotshop.com/eu/fr/capteur-proximite-ir-osepp.html>
- [17] https://www.cdiscount.com/maison/ampoules-led-halogenes/banconre-r-impermeable-a-l-eau-2x-clignotant-moto/f-11731-auc2009286900996.html?idOffre=303594656#cm_rr=FP:8978962:NH:CAR
- [18] <https://www.metalaladecoupe.com/francais/toles.asp?tbout=acier>
- [19] <https://openclassrooms.com/forum/sujet/calcul-couple-puissance-d-un-moteur-electrique-cc>

Annexes

Annexe 1 : Variation des encours de production du projet X10

Références	Valeur encours periode n	Valeur encours n+1	Valeur encours n+2	Valeur encours n+3	Valeur encours n+4	Valeur moyenne des encours
7039777030	5 137,63 €	4 805,81 €	4 474,00 €	4 142,18 €	3 920,97 €	4 496,12 €
7254012230	1 074,06 €	1 028,96 €	904,92 €	961,30 €	1 059,97 €	1 005,84 €
7003705602	812,85 €	1 154,96 €	1 363,65 €	1 363,65 €	1 021,54 €	1 143,33 €
7283397030	914,98 €	1 004,39 €	919,17 €	990,88 €	906,14 €	947,11 €
7116332402	387,96 €	387,56 €	117,77 €	118,18 €	118,18 €	225,93 €
74352067	724,06 €	732,69 €	806,20 €	773,07 €	748,91 €	756,99 €
7114383908	279,79 €	279,79 €	279,79 €	279,79 €	540,69 €	331,97 €
74352940	913,35 €	1 018,54 €	492,62 €	773,11 €	597,80 €	759,08 €
7287674330	74,08 €	374,56 €	327,94 €	437,25 €	390,62 €	320,89 €
7134816930	557,67 €	545,56 €	536,47 €	527,39 €	519,57 €	537,33 €
74354578	393,60 €	329,92 €	282,16 €	234,39 €	193,26 €	286,67 €
7289904330	268,17 €	423,87 €	516,15 €	551,90 €	644,17 €	480,85 €
74351887	47,21 €	224,74 €	224,74 €	224,74 €	224,74 €	189,23 €
730914780V	427,50 €	348,00 €	486,06 €	428,39 €	650,21 €	468,03 €
74354580	266,67 €	263,97 €	263,97 €	263,97 €	263,97 €	264,51 €
7283828480	342,78 €	328,85 €	300,98 €	257,98 €	216,18 €	289,35 €
7283258930	508,86 €	458,91 €	421,45 €	383,99 €	351,73 €	424,99 €
7158688170	196,14 €	194,05 €	189,87 €	183,41 €	177,13 €	188,12 €
7116917902	237,60 €	236,29 €	7,33 €	7,33 €	90,43 €	109,93 €
74354579	153,81 €	151,02 €	151,02 €	151,02 €	151,02 €	151,58 €
7116237502	41,10 €	41,10 €	41,10 €	33,89 €	212,33 €	73,90 €
720994880W	364,63 €	364,63 €	364,63 €	527,57 €	465,36 €	417,36 €
7283392730	213,57 €	171,22 €	231,72 €	171,82 €	116,77 €	181,02 €
74352071	275,48 €	202,37 €	304,08 €	246,87 €	197,60 €	245,28 €
7009239802	296,23 €	356,40 €	484,52 €	484,52 €	484,52 €	421,24 €
7289537830	131,51 €	131,51 €	113,92 €	105,13 €	92,83 €	114,98 €
7287187340	145,79 €	196,90 €	301,26 €	183,99 €	160,85 €	197,76 €
7116313602	104,58 €	104,27 €	104,27 €	95,18 €	95,18 €	100,70 €
7009223302	152,18 €	152,18 €	152,18 €	152,18 €	152,18 €	152,18 €
7158810430	145,24 €	140,31 €	291,83 €	286,50 €	284,33 €	229,64 €
7287375740	239,16 €	239,16 €	239,16 €	239,16 €	239,16 €	239,16 €
7134491030	608,03 €	596,86 €	588,99 €	576,90 €	571,99 €	588,55 €
7114193202	170,08 €	170,08 €	153,76 €	153,76 €	153,76 €	160,29 €
7216891702	188,34 €	186,92 €	246,78 €	235,99 €	228,44 €	217,29 €
2150853000190	243,94 €	314,75 €	255,34 €	181,23 €	276,35 €	254,32 €
74354577	403,16 €	343,97 €	297,65 €	251,33 €	211,44 €	301,51 €
7254580030	305,17 €	390,33 €	347,75 €	320,78 €	363,36 €	345,48 €
7187134930	205,44 €	189,02 €	176,70 €	164,39 €	153,78 €	177,87 €

7287131730	312,51 €	283,71 €	262,12 €	240,53 €	221,93 €	264,16 €
7075114930	107,33 €	74,56 €	110,06 €	132,19 €	107,61 €	106,35 €
70471782	149,94 €	142,05 €	139,68 €	131,79 €	123,89 €	137,47 €
7114450502	287,29 €	287,29 €	287,29 €	287,29 €	287,29 €	287,29 €
7282218830	136,07 €	198,73 €	172,20 €	155,15 €	217,81 €	175,99 €
7116823502	358,30 €	353,05 €	352,10 €	350,81 €	450,61 €	372,97 €
7183016130	1 176,09 €	1 164,75 €	1 150,58 €	1 141,87 €	1 130,23 €	1 152,70 €
7116237702	3,46 €	216,43 €	441,88 €	442,18 €	442,18 €	309,23 €
7219176430	282,35 €	249,13 €	224,22 €	199,31 €	177,85 €	226,57 €
7287187780	168,92 €	285,12 €	236,71 €	251,77 €	202,81 €	229,07 €
7116346702	178,27 €	172,57 €	169,93 €	167,29 €	214,80 €	180,57 €
70392385	42,06 €	40,91 €	34,04 €	34,04 €	34,04 €	37,02 €
70392705	67,52 €	59,11 €	58,24 €	58,24 €	79,82 €	64,59 €
7183920430	51,90 €	99,22 €	87,67 €	76,44 €	66,77 €	76,40 €
7183023850	44,94 €	36,62 €	19,98 €	65,51 €	40,54 €	41,52 €
7287222330	90,67 €	73,15 €	60,01 €	39,71 €	141,04 €	80,92 €
7247099030	92,24 €	82,49 €	79,56 €	69,81 €	60,06 €	76,83 €
7283828310	188,42 €	167,56 €	151,92 €	127,76 €	112,11 €	149,55 €
7119136430	273,35 €	263,99 €	257,39 €	247,26 €	243,14 €	257,03 €
7134965930	64,81 €	64,81 €	64,81 €	64,81 €	64,81 €	64,81 €
7183910680	78,42 €	63,44 €	52,21 €	40,98 €	31,30 €	53,27 €
7039270550	29,44 €	14,37 €	2,45 €	2,45 €	2,45 €	10,23 €
7039271930	92,78 €	92,78 €	92,78 €	81,41 €	61,04 €	84,16 €
7134970030	207,20 €	197,22 €	177,27 €	146,49 €	116,57 €	168,95 €
7183255360	106,39 €	98,94 €	93,35 €	84,73 €	79,14 €	92,51 €
7154759930	111,99 €	73,66 €	71,67 €	88,10 €	107,51 €	90,59 €
74354545	751,53 €	751,53 €	751,53 €	751,53 €	751,53 €	751,53 €
74351886	196,97 €	121,36 €	105,45 €	89,53 €	103,46 €	123,35 €
7171362250	109,65 €	45,15 €	68,37 €	28,38 €	98,04 €	69,92 €
	23 611,23 €	24 358,13 €	23 522,73 €	23 047,81 €	23 017,88 €	23 511,56 €

Annexe 2 : Calcul du coût de stockage de la zone X10

Références	Qté encours 06	Qté encours 07	Qté encours08	Qté encours 09	Qté moyenne	Besoin 1,5H	Qté restante	Prix	Prix unitaire	Valeur encours	Taux de possession	Cout de stockage
70397 77030	3716	3476	3236	2996	3356	0	3356	1382, 57	1,38 €	4 639,9 0 €	0,05	232,0 0 €
72540 12230	381	365	321	341	352	8	344	2819, 06	2,82 €	969,7 6 €	0,05	48,49 €
70037 05602	2376	3376	3986	3986	3431	29	3402	342,1 1	0,34 €	1 163,8 6 €	0,05	58,19 €
72833 97030	1965	2157	1974	2128	2056	23	2033	465,6 4	0,47 €	946,6 5 €	0,05	47,33 €
71163 32402	19244	19224	5842	5862	12543	15	12528	20,16	0,02 €	252,5 6 €	0,05	12,63 €
74352 067	2098	2123	2336	2240	2199, 25	48	2151, 25	345,1 2	0,35 €	742,4 4 €	0,05	37,12 €
71143 83908	5362	5362	5362	5362	5362	0	5362	52,18	0,05 €	279,7 9 €	0,05	13,99 €
74352 940	521	581	281	441	456	0	456	1753, 08	1,75 €	799,4 0 €	0,05	39,97 €
72876 74330	143	723	633	844	585,7 5	12	573,7 5	518,0 7	0,52 €	297,2 4 €	0,05	14,86 €
71348 16930	6631	6487	6379	6271	6442	8	6434	84,1	0,08 €	541,1 0 €	0,05	27,05 €
74354 578	890	746	638	530	701	8	693	442,2 5	0,44 €	306,4 8 €	0,05	15,32 €
72899 04330	465	735	895	957	763	23	740	576,7	0,58 €	426,7 6 €	0,05	21,34 €
74351 887	25	119	119	119	95,5	0	95,5	1888, 59	1,89 €	180,3 6 €	0,05	9,02 €
73091 4780 V	2409	1961	2739	2414	2380, 75	33	2347, 75	177,4 6	0,18 €	416,6 3 €	0,05	20,83 €
74354 580	593	587	587	587	588,5	0	588,5	449,7	0,45 €	264,6 5 €	0,05	13,23 €
72838 28480	1722	1652	1512	1296	1545, 5	15	1530, 5	199,0 6	0,20 €	304,6 6 €	0,05	15,23 €
72832 58930	1467	1323	1215	1107	1278	8	1270	346,8 7	0,35 €	440,5 2 €	0,05	22,03 €
71586 88170	6560	6490	6350	6134	6383, 5	15	6368, 5	29,9	0,03 €	190,4 2 €	0,05	9,52 €
71169 17902	2722	2707	-84	-84	1315, 25	56	1259, 25	87,29	0,09 €	109,9 2 €	0,05	5,50 €

74354 579	331	325	325	325	326,5	0	326,5	464,6 8	0,46 €	151,7 2 €	0,05	7,59 €
71162 37502	570	570	570	470	545	15	530	72,1	0,07 €	38,21 €	0,05	1,91 €
72099 4880 W	1647	1647	1647	2383	1831	23	1808	221,3 9	0,22 €	400,2 7 €	0,05	20,01 €
72833 92730	353	283	383	284	325,7 5	15	310,7 5	605	0,61 €	188,0 0 €	0,05	9,40 €
74352 071	520	382	574	466	485,5	8	477,5	529,7 6	0,53 €	252,9 6 €	0,05	12,65 €
70092 39802	1526	1836	2496	2496	2088, 5	12	2076, 5	194,1 2	0,19 €	403,0 9 €	0,05	20,15 €
72895 37830	748	748	648	598	685,5	0	685,5	175,8 1	0,18 €	120,5 2 €	0,05	6,03 €
72871 87340	271	366	560	342	384,7 5	15	369,7 5	537,9 7	0,54 €	198,9 1 €	0,05	9,95 €
71163 13602	3440	3430	3430	3131	3357, 75	8	3349, 75	30,4	0,03 €	101,8 3 €	0,05	5,09 €
70092 23302	499	499	499	499	499	2	497	304,9 6	0,30 €	151,5 7 €	0,05	7,58 €
71588 10430	4685	4526	9414	9242	6966, 75	12	6954, 75	31	0,03 €	215,6 0 €	0,05	10,78 €
72873 75740	484	484	484	484	484	2	482	494,1 4	0,49 €	238,1 8 €	0,05	11,91 €
71344 91030	8654	8495	8383	8211	8435, 75	12	8423, 75	70,26	0,07 €	591,8 5 €	0,05	29,59 €
71141 93202	10590	10590	9574	9574	10082	12	10070	16,06	0,02 €	161,7 2 €	0,05	8,09 €
72168 91702	7957	7897	10426	9970	9062, 5	42	9020, 5	23,67	0,02 €	213,5 2 €	0,05	10,68 €
21508 53000 190	813	1049	851	604	829,2 5	18	811,2 5	300,0 5	0,30 €	243,4 2 €	0,05	12,17 €
74354 577	940	802	694	586	755,5	8	747,5	428,8 9	0,43 €	320,6 0 €	0,05	16,03 €
72545 80030	215	275	245	226	240,2 5	12	228,2 5	1419, 39	1,42 €	323,9 8 €	0,05	16,20 €
71871 34930	3603	3315	3099	2883	3225	15	3210	57,02	0,06 €	183,0 3 €	0,05	9,15 €
72871 31730	1563	1419	1311	1203	1374	8	1366	199,9 4	0,20 €	273,1 2 €	0,05	13,66 €
70751 14930	393	273	403	484	388,2 5	12	376,2 5	273,1 1	0,27 €	102,7 6 €	0,05	5,14 €
70471 782	2849	2699	2654	2504	2676, 5	0	2676, 5	52,63	0,05 €	140,8 6 €	0,05	7,04 €
71144 50502	9129	9129	9129	9129	9129	9	9120	31,47	0,03 €	287,0 1 €	0,05	14,35 €

72822 18830	1077	1573	1363	1228	1310, 25	0	1310, 25	126,3 4	0,13 €	165,5 4 €	0,05	8,28 €
71168 23502	4161	4100	4089	4074	4106	8	4098	86,11	0,09 €	352,8 8 €	0,05	17,64 €
71830 16130	11618	11506	11366	11280	11442 ,5	8	11434 ,5	101,2 3	0,10 €	1 157,5 1 €	0,05	57,88 €
71162 37702	115	7200	14700	14710	9181, 25	8	9173, 25	30,06	0,03 €	275,7 5 €	0,05	13,79 €
72191 76430	1224	1080	972	864	1035	8	1027	230,6 8	0,23 €	236,9 1 €	0,05	11,85 €
72871 87780	314	530	440	468	438	12	426	537,9 7	0,54 €	229,1 8 €	0,05	11,46 €
71163 46702	3377	3269	3219	3169	3258, 5	21	3237, 5	52,79	0,05 €	170,9 1 €	0,05	8,55 €
70392 385	7340	7140	5940	5940	6590	41	6549	5,73	0,01 €	37,53 €	0,05	1,88 €
70392 705	3129	2739	2699	2699	2816, 5	12	2804, 5	21,58	0,02 €	60,52 €	0,05	3,03 €
71839 20430	499	954	843	735	757,7 5	8	749,7 5	104	0,10 €	77,97 €	0,05	3,90 €
71830 23850	378	308	168	551	351,2 5	15	336,2 5	118,9	0,12 €	39,98 €	0,05	2,00 €
72872 22330	621	501	411	272	451,2 5	12	439,2 5	146	0,15 €	64,13 €	0,05	3,21 €
72470 99030	1419	1269	1224	1074	1246, 5	0	1246, 5	65	0,07 €	81,02 €	0,05	4,05 €
72838 28310	1084	964	874	735	914,2 5	12	902,2 5	173,8 2	0,17 €	156,8 3 €	0,05	7,84 €
71191 36430	4641	4482	4370	4198	4422, 75	12	4410, 75	58,9	0,06 €	259,7 9 €	0,05	12,99 €
71349 65930	491	491	491	491	491	2	489	132	0,13 €	64,55 €	0,05	3,23 €
71839 10680	754	610	502	394	565	8	557	104	0,10 €	57,93 €	0,05	2,90 €
70392 70550	1358	663	113	113	561,7 5	44	517,7 5	21,68	0,02 €	11,22 €	0,05	0,56 €
70392 71930	4896	4896	4896	4296	4746	53	4693	18,95	0,02 €	88,93 €	0,05	4,45 €
71349 70030	1454	1384	1244	1028	1277, 5	15	1262, 5	142,5	0,14 €	179,9 1 €	0,05	9,00 €
71832 55360	1714	1594	1504	1365	1544, 25	12	1532, 25	62,07	0,06 €	95,11 €	0,05	4,76 €
71547 59930	225	148	144	177	173,5	12	161,5	497,7 3	0,50 €	80,38 €	0,05	4,02 €
74354 545	301	301	301	301	301	0	301	2496, 78	2,50 €	751,5 3 €	0,05	37,58 €

74351 886	99	61	53	45	64,5	8	56,5	1989, 59	1,99 €	112,4 1 €	0,05	5,62 €
71713 62250	85	35	53	22	48,75	12	36,75	1290	1,29 €	47,41 €	0,05	2,37 €
Coût de stockage total de la zone X10							1 171,58 €					