

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND
SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES
-T L E M C E N-

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées



MAGHREB
EMBALLAGE
.1948.

Mémoire de fin d'étude

POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Management Industriel et Logistique

Présenté par : BENYOUB AMINA

Thème

**Conception d'un AS/RS multi allée pour le
stockage De plaques en carton ondulé
Chez Maghreb Emballage**

Soutenu publiquement, le 06/07/2023, devant le jury composé de :

M Mohammed BENNEKROUF	MCA	ESSA. Tlemcen	Président
M Fouad MALIKI	MCA	ESSA. Tlemcen	Encadrant
M Abdellah MIH	Ingénieur	Maghreb Emballage	Co-Encadrant
M Lamine MKADDER	Ingénieur principal R&D	Univ. tlemcen	Examineur 1
Mme Latèfa GHOMRI	Professeur	Univ. tlemcen	Examineur 2

Année Universitaire : 2022 / 2023 .

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES
MASTER EN GÉNIE INDUSTRIEL

BENYOUB AMINA

Mardi 20 Juin 2023

Remerciements

*Tout d'abord, j'exprime ma gratitude envers **Dieu** tout puissant pour m'avoir accordé les connaissances scientifiques nécessaires ainsi que la santé pour mener à bien ce travail. Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide tout au long de l'élaboration de ma mémoire de fin d'études. Leur soutien précieux et leur contribution ont été d'une importance capitale dans la réalisation de ce travail. Je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont rendu cette expérience agréable et enrichissante.*

*Je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers mon encadrant, **M. Fouad MALIKI**, pour ses efforts inestimables, sa confiance en moi, ainsi que ses conseils et son assistance tout au long de ce projet. Sa présence et son soutien moral constant ont été des sources d'inspiration qui m'ont encouragé à aller de l'avant. Je lui suis profondément reconnaissant pour son dévouement et son accompagnement tout au long de cette expérience.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude aussi envers mon encadrant **M.MIH Abdallah** au sein de l'entreprise **Maghreb emballage SPA**. Ses conseils, son expertise et son soutien ont été d'une valeur inestimable tout au long de ce projet. Sa disponibilité, sa patience et son engagement à me guider ont grandement contribué à la réussite de mon travail. Je suis reconnaissante pour l'opportunité de travailler sous sa direction et pour tout ce que j'ai appris grâce à lui. Merci infiniment .*

Je souhaite également exprimer mes remerciements à tout le staff de Maghreb Emballage.

Leur soutien et leur collaboration ont été essentiels tout au long de mon projet. Je suis reconnaissante pour l'ambiance de travail agréable, les échanges constructifs et les précieux conseils que j'ai pu recevoir de la part de tous les membres du staff. Leur contribution a été inestimable et je les remercie chaleureusement pour leur participation et leur soutien.

*Mes vifs remerciements à **Mme.Ouhoud Amina** pour son soutien et son aide précieuse. Sa présence et son accompagnement ont été d'une grande importance tout au long de mon projet.*

Enfin je remercie tous les membres du jury, d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

Dédicaces

*Je tiens à remercier profondément **Dieu**, le tout-puissant, de nous avoir donné le courage, la volonté, ainsi que la santé pour réaliser ce travail.*

Je dédie ce travail:

À l'homme de ma vie, à celui qui a été présent tout au long de mon parcours d'études . À celui qui m'a constamment encouragé, donné confiance en moi, soutenu et supporté. À celui qui a toujours fait des sacrifices pour me voir atteindre les plus hauts sommets. Ton dévouement et tes efforts inlassables pour mon éducation et ma réussite ont été inestimables. Cette réussite est le fruit de ton amour inconditionnel et de ton soutien constant. Merci du fond du cœur pour tout ce que tu as fait pour moi. À toi mon père.

À toi, ma mère, l'exemple même de courage et de sacrifices. Tes efforts inlassables, ta dévotion et ton amour inconditionnel ont façonné la personne que je suis devenue. Tu as toujours été là pour moi, prête à tout donner pour mon bonheur et ma réussite. Je suis profondément reconnaissante pour tout ce que tu as sacrifié pour moi. Cette réussite est aussi la tienne, car c'est grâce à toi que j'ai pu surmonter les obstacles et aller de l'avant.

*À mes deux sœurs **Chahrazed** et **Douaa Zahia**, mes amours inconditionnels. Votre présence dans ma vie a été une source de joie, de soutien et d'inspiration. Votre amour, votre encouragement m'ont poussé à donner le meilleur de moi-même.*

*A mes deux frères **Anes** et **Islem**. Votre présence dans ma vie a été une source de soutien, de camaraderie et d'inspiration. Vos encouragements, vos conseils et votre soutien constant ont été d'une importance capitale pour moi tout au long de ce parcours. Je suis reconnaissante d'avoir des frères aussi merveilleux et attentionnés. Merci d'être là pour moi et de partager cette aventure avec moi.*

À deux personnes merveilleuses, à ceux qui ont toujours été là pour moi, même dans les pires moments, qui m'ont soutenu et encouragé sans relâche. Votre présence constante dans ma vie a été un véritable soutien et un réconfort inestimable. Votre amitié sincère et votre soutien inconditionnel m'ont aidé à surmonter les obstacles et à persévérer. Je suis profondément reconnaissante d'avoir des personnes aussi spéciales à mes côtés. Merci pour votre amitié précieuse et pour avoir été mes piliers dans les moments difficiles. Je vous suis reconnaissante pour tout ce que vous avez fait pour moi.

À mes amies, à mes proches et à ma promotion 2023 de Génie industriel.

Sommaire

Introduction générale	9
1 Introduction aux systèmes automatisés de stockages et déstockages AS/RS	12
1.1 Introduction	12
1.2 Définition d'un système de stockage /déstockage automatisé AS/RS	13
1.3 Glossaire des termes et composants des AS/RS	14
1.3.1 Glossaire des termes AS/RS	14
1.3.2 Les composants d'un AS/RS	16
1.4 Fonctionnement d'un AR/RS	17
1.5 Type d'AS/RS	19
1.5.1 Les AS/RS à charge unitaire	19
1.5.2 Les AS/RS à rack glissants ou rayonnage mobiles	20
1.5.3 Les AS/RS à mini charge ou à charge réduite	21
1.5.4 Les AS/RS multi allées	22
1.5.5 Les AS/RS à carrousel	23
1.5.6 Les AS/RS à personne embarqué :	24
1.5.7 Les AS/RS à étagères profondes	25
1.5.8 Les AS/RS à convoyeurs gravitationnel	26
1.6 Technique de stockage	26
1.6.1 Stockage dédiée (dedicated storage assignment)	26
1.6.2 Stockage aléatoire (randome storage assignment)	27
1.6.3 Stockage aléatoire ouvert (closest open location storage assignment)	28
1.6.4 Stockage full-turnover(full-turnover-based storage assignment)	28
1.6.5 Stockage par classes (class-based storage assignment)	28
1.7 Indicateurs de performance des AS/RS	29
1.8 Avantages et inconvénients des systèmes automatisés de stockages et déstockages	30
1.9 Conclusion	32
2 Présentation de l'entreprise Maghreb emballage SPA	33
2.1 Introduction	33
2.2 Présentation de l'entreprise	34
2.3 Historique	36
2.4 Localisation	36
2.5 Les types de produits existants	37
2.6 Structure organisationnelle de l'entreprise	39
2.7 Carton ondulé	39
2.7.1 Historique	39
2.8 Processus de fabrication du carton ondulé	40

2.8.1	Généralités	40
2.8.2	Fabrication du carton ondulé	41
2.9	Différents services et bureaux administratifs	45
2.9.1	Service commercial	45
2.9.2	Service expédition	46
2.9.3	Bureau d'étude	46
2.9.4	Programmation des commandes	47
2.9.5	Service Logistique de transport	47
2.9.6	Bureau recherche et développement	48
2.10	Conclusion	49
3	Conception d'un AS/RS multi-allées pour les plaques en carton ondulé	50
3.1	Introduction	50
3.2	Problématique	52
3.2.1	Motivation	52
3.2.2	Objectif	52
3.3	Amélioration à apporter	53
3.4	Détermination des données pour une étude de conception	53
3.4.1	Espace de stockage	54
3.4.2	Dimension des palettes et des casiers	54
3.4.3	Dimension des allées	57
3.4.4	Dimension des rack de stockage	57
3.4.5	Données concernant le stocke par semaine	59
3.5	Mode de stockage	61
3.6	Configuration d'un AS/RS multi allée	64
3.7	Conclusion	67
	Conclusion générale	68

Liste des figures

1.1	Vue général d'un système automatisé de stockage et récupération AS/RS	13
1.2	Automated Storage and Retrieval System (AS/RS)	14
1.3	Machine de stockage et déstockage	16
1.4	Station dépôt et livraison	16
1.5	Allée	17
1.6	Simple cycle	18
1.7	Double cycle	18
1.8	AS/RS à charge unitaire	20
1.9	AS/RS à rack glissant	21
1.10	AS/RS à mini charge	22
1.11	AS/RS multi allées	23
1.12	AS/RS à carrousel horizontal	23
1.13	AS/RS à carrousel verticale	24
1.14	AS/RS à personne embarqué	25
1.15	Schéma représentatif d'AS/RS à personne embarqué	25
1.16	AS/RS à étagères profondes	25
1.17	AS/RS à convoyeurs gravitationnel	26
1.18	Stockage dédié	27
1.19	Stockage aléatoire	27
1.20	Stockage par classe	28
2.1	Schéma représentatif de l'usine EL kerma	35
2.2	LOGO Maghreb emballage	35
2.3	L'historique de Maghreb emballage	36
2.4	Localisation	37
2.5	Plaques	38
2.6	Caisses américaines	38
2.7	Boîtes d'archives	38
2.8	Barquettes alimentaires	38
2.9	Boîtes alimentaires à emporter	38
2.10	L'organigramme de l'entreprise	39
2.11	Principaux types de carton ondulé	41
2.12	Fabrication du carton ondulé : vue générale schématique d'une onduleuse	41
2.13	L'onduleuse BHS	41
2.14	Fabrication du carton ondulé simple face	42
2.15	Système de collage double face	43
3.1	Types de palettes	55
3.2	Démonstration des dimension de palette	55

3.3	Démonstration des dimension de casier	56
3.4	Allée de desserte	57
3.5	Rack de stockage	59
3.6	Une des possibilité de stockage par classe(ABC)	61
3.7	Station dépôt livraison à l'extrémité	62
3.8	Station D/L au milieu	63
3.9	Conception obtenue d'un AS/RS multi-allée	65
3.10	La vue de coté de l'AS/RS multi allée obtenue	65
3.11	La vue générale de l'AS/RS multi-allée en arrière	66
3.12	Taux de casiers vides et pleins	66

Liste des tableaux

1.1	Différentes terminologies de l'AS/RS	15
2.1	Quelques types de produits[3]	38
3.1	Dimension de palette	56
3.2	Dimension de casier	56
3.3	Dimension des allées de dessert	57
3.4	Dimension rack de stockage	59
3.5	Les inputs et les outputs par semaine	60
3.6	Le taux d'occupation de chaque types de plaques	60
3.7	Les données de dimensions	64

Liste des abréviations

Abréviation	Définition
AS/RS	Automated storage/Retrieval systems
D/L	Dépot / Livraison
R/S	Retrieval/Storage
SC	Simple cycle
DC	Double cycle

Introduction générale

Le monde connaît plusieurs changements technologiques qui affectent pratiquement tous les secteurs, y compris le secteur industriel, qui a subi d'énormes transformations qui lui ont permis d'évoluer à travers diverses révolutions industrielles et d'atteindre la dernière révolution industrielle (Industrie 4.0) née de la convergence des technologies numériques et des techniques de production industrielle assurant le développement continu des entreprises.

Alors que la première révolution industrielle s'appuyait sur l'utilisation de l'eau et de la vapeur pour mécaniser la production, et que la deuxième prônait l'utilisation de l'énergie électrique pour favoriser la production de masse, tandis que la troisième répondait aux crises économiques et énergétiques grâce au nucléaire et à l'automatisation de la production industrielle, la quatrième révolution industrielle occupe désormais une place centrale dans notre environnement actuel.

Elle reprend les contours de la troisième révolution en s'appuyant sur la révolution numérique survenue depuis le milieu du siècle dernier. En effet, l'avènement d'Internet a engendré par la suite l'apparition de la technologie de numérisation permettant de piloter le monde physique à partir du virtuel.

Autrement dit, l'industrie se connecte progressivement aux moyens de productions et permet leur interaction en temps réel. On parle alors d'usine 4.0 reposant sur des technologies dites à forts enjeux stratégiques tant leurs usages vont permettre de chambouler tous les canaux de la production à la consommation.

Ces technologies reposent bien entendu sur les objets connectés et **l'Internet Of Things**, mais également au développement du **Cloud Computing**, et du Big Data. Aujourd'hui ce sont les données qui vont permettre la prise de décisions stratégiques. Elle peut désormais être pilotée par des technologies novatrices telles que l'intelligence artificielle, les jumeaux numériques, l'informatique quantique, la réalité virtuelle/augmentée, l'impression 3D ou encore la maintenance prédictive. . . .

Autant d'améliorations qui vont permettre l'optimisation quotidienne des outils de production, au coeur d'un système global interconnecté. Face à ces avancées majeures, **les usines 4.0** devraient permettre d'optimiser leurs coûts, mais également de produire de manière plus éco-responsable et misant sur des énergies plus respectueuses de l'environnement contrairement aux révolutions industrielles antérieures. Les centres-ville des grandes métropoles deviennent également ce qu'on appelle des « smart-cities » où toutes les infrastructures sont régies par l'avènement de la data.

La question est donc ici de produire intelligemment par la data et de veiller à la **cybersécurité** des systèmes connectés où il reste encore beaucoup d'avancées à effectuer en ce sens. Le consommateur de son côté, ne veut plus accéder à des produits fabriqués en série ou en masse, mais plutôt de dépenser son argent sur un produit unique, entièrement personnalisable, que son voisin n'aura pas. Pour cela, il peut s'appuyer par exemple sur son smartphone, permettant aujourd'hui d'interagir directement sur le processus de commande et production. On parle alors même d'industrie 4.1 pour désigner le rôle central que détient le consommateur dans le processus de production.[1]

Dans le cadre de la formation professionnelle pour l'obtention du **diplôme d'ingénieur d'état** dans la spécialité **Génie industriel à l'école Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen**, un stage de fin d'étude de trois mois a été effectué au sein de l'entreprise **Maghreb emballage SPA**. Ce stage fut une expérience enrichissante et instructive. Cela nous permet de voir plus clair concernant l'utilisation des connaissances théoriques acquises pendant notre formation.

Dans ce mémoire nous allons nous intéresser aux AS/RS multi-allée . En effet, le travail présenté dans ce mémoire comprend trois chapitres :

Dans le premier chapitre de notre mémoire, nous avons abordé le sujet du système de stockage et de déstockage automatisé (AS/RS). Nous avons commencé par explorer les différents types d'AS/RS disponibles, en mettant l'accent sur leurs caractéristiques et leurs applications spécifiques. Ensuite, nous avons examiné de près les composants clés d'un AS/RS. Nous avons également clarifié la terminologie associée à ce système, en définissant des termes tels que le rayonnage, les emplacements, les entrées/sorties, etc. Dans cette section, nous avons également discuté des performances d'un AS/RS, en mettant en évidence des indicateurs tels que la capacité de stockage, la vitesse d'exécution des tâches et la fiabilité. Enfin, nous avons dressé un tableau des avantages et des inconvénients de l'utilisation d'un système de stockage et de déstockage automatisé, en tenant compte de facteurs tels que la productivité accrue, la réduction des erreurs, mais aussi des coûts d'investissement et de maintenance.

Le chapitre qui suit est consacré à l'entreprise **Maghreb Emballage SPA**, qui se positionne en tant que fabricant de carton ondulé de premier plan. Nous avons exploré l'historique de l'entreprise, mettant en évidence ses origines, son évolution au fil du temps et ses succès dans l'industrie. En ce qui concerne le processus de fabrication, nous avons décrit les différentes étapes impliquées dans la production de carton ondulé chez Maghreb Emballage. Cela comprend la sélection des matières premières de haute qualité, telles que le papier kraft et le liner, ainsi que les processus de découpe, et de collage pour former les feuilles de carton ondulé. L'entreprise met en œuvre des technologies de pointe et des normes rigoureuses pour assurer des produits finis de haute qualité.

Dans le dernier chapitre, notre objectif principal était de concevoir un entrepôt automatisé multi-allée en remplaçant les entrepôts traditionnels par des systèmes de stockage et de déstockage automatisés, également connus sous le nom de systèmes AS/RS (Automated Storage and Retrieval Systems), pour le stockage des produits semi-finis tels que les plaques en carton ondulé.

Nous avons débuté notre étude en recueillant des données essentielles, notamment les fréquences d'entrées et de sorties hebdomadaires, les dimensions des palettes, ainsi que les caractéristiques de la surface de l'espace de stockage envisagé.

Ensuite nous avons pu réaliser une conception de notre système AS/RS multi-allée en déterminant le nombre de racks, les dimensions des allées, les types d'équipements de stockage, etc. Notamment nous avons choisie d'affecter un mode de stockage (ABC), et déduire l'emplacement optimal de la machine R/S tout en minimisant le temps de simple cycle.

Chapitre 1

Introduction aux systèmes automatisés de stockages et déstockages AS/RS

1.1 Introduction

Aujourd'hui, les entreprises font face à une concurrence féroce qui les pousse à tout mettre en œuvre pour opérer de manière rentable dans divers domaines. Ils ont besoin d'augmenter la rapidité, l'efficacité et la rentabilité de leurs processus opérationnels, ils doivent donc se concentrer davantage sur les fonctions logistiques, ou ils doivent disposer d'équipements de manutention, de transport, de stockage et de conditionnement justifiant l'automatisation des systèmes de stockage. Les solutions techniques pour répondre aux besoins ci-dessus incluent les systèmes de stockage/récupération automatisés AS/RS. Ce sont des composants intelligents des chaînes d'entreposage logistique largement utilisées dans l'industrie. Ils peuvent fournir diverses charges (outils, matériaux, palettes, produits...) avec des temps de réponse rapides pour répondre aux besoins des applications de fabrication, d'entreposage et de distribution. De plus, l'espace au sol disponible peut être utilisé au maximum. Ils offrent également un excellent contrôle des stocks et améliorent la sécurité.

Plusieurs travaux et améliorations ont été faites sur les AS/RS et cela dans le but de minimiser les inconvénients de tenir un stock en minimisant le temps d'attente au niveau de la production, coûts de main-d'œuvre et amélioration du contrôle des stocks. Ces systèmes de stockage doivent réagir très rapidement à une demande de stockage ou bien de déstockage ce qui justifier leurs compositions des aires de stockage dans les unités de production, ces aires de stockage sont composées d'un bâtiment, d'un système de rangement (racks, étagères...) d'un mécanisme de transport, de chargement et déchargement, et d'un système de contrôle.

1.2 Définition d'un système de stockage /déstockage automatisé AS/RS

Le système de stockage et déstockage automatisés, également connu sous le nom de système de stockage automatisé (SSA) ou de système de stockage automatisé à grande hauteur (AS/RS en anglais pour Automated Storage and Retrieval System), c'est une solution technologique utilisée dans les entrepôts et les centres de distribution pour gérer efficacement le stockage, la récupération et le suivi des marchandises.

Ce système repose sur l'utilisation de machines automatisées, telles que des chariots élévateurs automatisés, des convoyeurs, des rayonnages automatisés et des systèmes de gestion informati-sés pour effectuer les tâches liées à la gestion des stocks. L'objectif principal d'un système de stock-age et déstockage automatisés est d'optimiser l'utilisation de l'espace de stockage, d'amélio-rer l'efficacité opérationnelle, de réduire les erreurs humaines et d'accélérer le proces-sus de récupéra-tion des produits.

Ces systèmes sont souvent intégrés à des logiciels de gestion d'entrepôt qui permettent de suivre et de gérer les stocks en temps réel, de gérer les commandes, de minimiser les erreurs d'inventaire et de générer des rapports analytiques.[9]



Figure 1.1: Vue général d'un système automatisé de stockage et récupération AS/RS

[4]



Figure 1.2: Automated Storage and Retrieval System (AS/RS)

1.3 Glossaire des termes et composants des AS/RS

1.3.1 Glossaire des termes AS/RS

Le tableau ci-dessous [1.1](#) représente les différentes terminologies utilisées dans la littérature des AS/RS.

Terminologie	Explication
Espace de stockage	Défini comme étant une unité qui comprend le stockage à charge unitaire
Rack	Considéré comme le constituant du stockage, il s'agit de l'espace tridimensionnel destiné au stockage d'une ou de multiples charges.
Bai	Colonne qui regroupe tous les casiers qui vont du sol au plafond.
Rangée	Série de baies placées côte à côte formant une ligne.
Étagère	Partie qui constitue la rangée, elle vise à supporter l'ensemble des charges pour chacun des casiers.
Allée	Espacement qui sépare deux rangées permettant à la machine R/S de circuler.
Machine R/S (Retrieval / Storage)	Machine R/S qui consiste à stocker et déstocker les articles, elle se déplace selon deux positions verticale et horizontale.
Module de stockage	Il s'agit des conteneurs de charge utilisés pour faire un stockage des articles. Ils comprennent des palettes, des paniers des bacs spéciaux et des conteneurs en fil de fer..
Station D/L(Dépôt/Livraison)	Station D/L aussi appelée station d'entrée/sortie est le lieu où le stock est transféré à l'entrée et à la sortie de l'AS/RS. Elle représente l'interface entre la machine S/D et la manutention externe d'AS/RS.

Table 1.1: Différentes terminologies de l'AS/RS

1.3.2 Les composants d'un AS/RS

Les principaux composants que l'on retrouve dans la plupart des AS/RS, indépendamment de leur type, sont les suivants :

- Machine de stockage et déstockage (S/R) : Elle est chargée de la manutention des articles à l'intérieur de l'AS/RS. Selon le type d'AS/RS, il peut y avoir une ou plusieurs machines.



Figure 1.3: Machine de stockage et déstockage
[17]

- Station de dépôt et de livraison : Elle permet le dépôt des articles à stocker et la récupération des articles déstockés. Les détails relatifs au contenu des articles sont communiqués à l'ordinateur central.



Figure 1.4: Station dépôt et livraison
[11]

- Allées : Ce sont les voies à travers lesquelles les machines de stockage et déstockage se déplacent. Les allées sont généralement entourées de racks de stockage de chaque côté, où les articles sont stockés.



Figure 1.5: Allée
[11]

- **Système de contrôle informatique :** Ce système joue un rôle crucial en assurant le contrôle des opérations de stockage et de déstockage dans le système. Il enregistre également les mouvements des articles et les données d'inventaire pour assurer le bon fonctionnement de l'AS/RS.

Il est important de noter que la configuration précise des composants peut varier en fonction du type d'AS/RS et des exigences spécifiques de chaque système.

1.4 Fonctionnement d'un AS/RS

Le fonctionnement d'un système automatisé de stockage et de récupération (AS/RS) dépend principalement de la machine S/D, également connue sous le nom de grue, qui se déplace verticalement et horizontalement vers le produit désigné par l'opérateur via un système de commande. Il y a deux opérations principales pour la machine S/D : le stockage et le déstockage.

- **Le stockage:** Consiste à transporter un produit de la station D/L vers le casier désiré.
- **Le déstockage:** vise à récupérer un produit situé dans un casier sélectionné pour l'acheminer vers la station D/L.

En ce qui concerne le mode de fonctionnement de la machine S/D dans un AS/RS, il existe deux options.

- **Simple Cycle (SC):** Se réfère à une opération de stockage ou de déstockage où la machine S/D se déplace vers un seul casier. Si une autre opération doit être effectuée, la machine S/D doit revenir au point de dépôt/livraison.

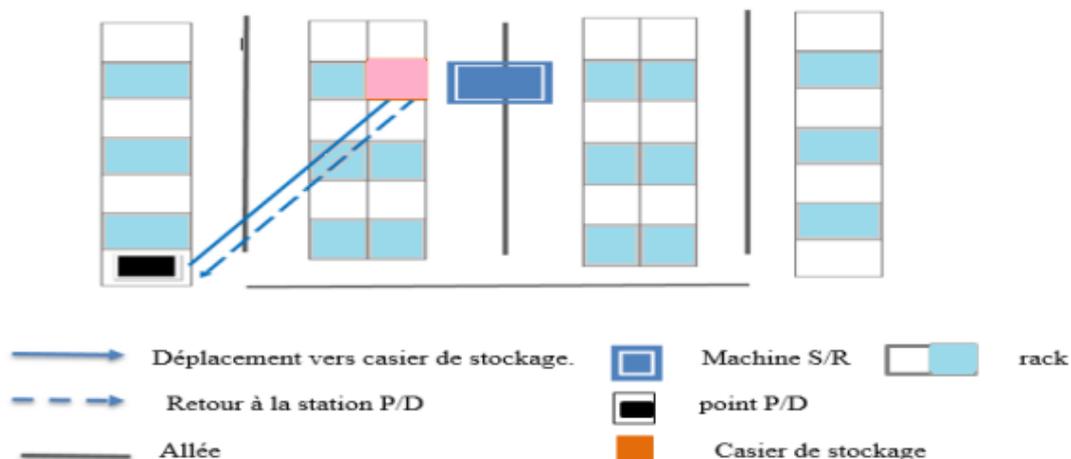


Figure 1.6: Simple cycle

- **Double Cycle (DC):** Se réfère à une opération de stockage suivie d’une opération de déstockage, où la machine S/D accède à deux casiers différents.

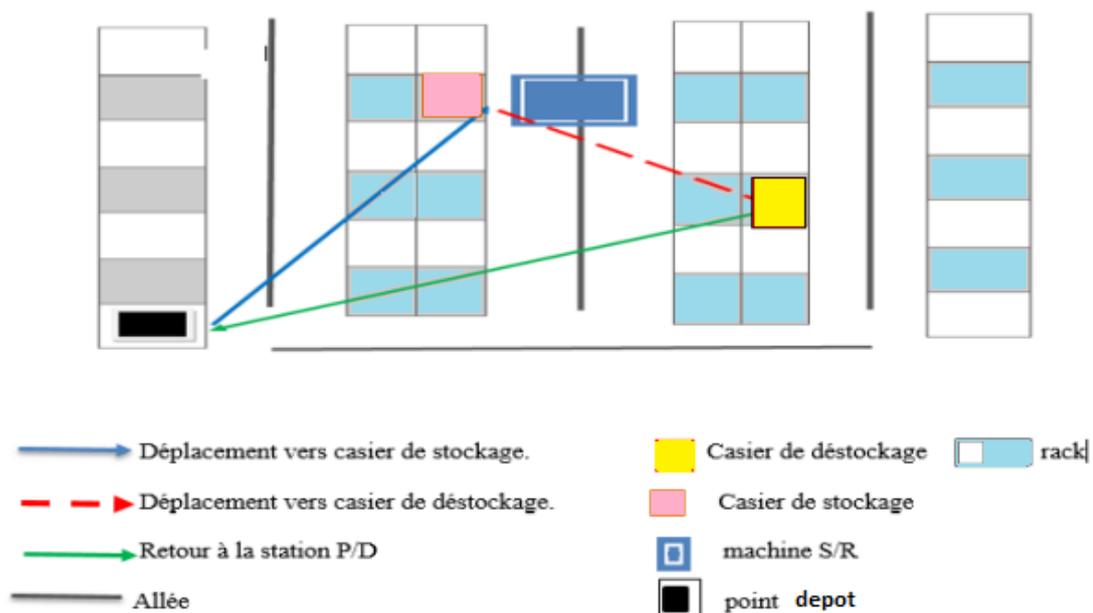


Figure 1.7: Double cycle

1.5 Type d'AS/RS

Pendant les dernières décennies, plusieurs types d'AS/RS ont été développés pour traiter la variance des produits à stocker. Ces AS/RS se différencient suivant le poids, la taille et le volume des charges à stocker. Ils sont classés selon leur configuration physique, à savoir :

- Le nombre de machines S/R .
- La disposition des racks et des allées dans le système
- Les positions des stations Dépôt/livraison.
- La profondeur des racks (nombre maximum de produits pouvant être stockés dans un même casier).

Les AS/RS sont classés selon des structures et des application. Voici certain des plus importants.[1]

- Les AS/RS à charge unitaire.
- Les AS/RS à mini charge ou à charge réduite.
- Les AS/RS multi allées.
- Les AS/RS à rack glissants.
- Les AS/RS à carrousel.
- Les AS/RS à personne embarquée.
- Les AS/RS à étagères profondes.
- Les AS/RS à convoyeurs gravitationnel.

1.5.1 Les AS/RS à charge unitaire

Le système de charge unitaire constitue la base des systèmes automatisés de stockage et de déstockage, également connus sous le nom d'AS/RS (Automated Storage and Retrieval System). Il se compose d'un ensemble de racks disposés en parallèle, séparés par des allées de dessert. Des machines de manutention, appelées machines S/R ou machines de stockage et déstockage, se déplacent le long de ces allées pour entreposer ou récupérer des charges palettisées ou en conteneur, dont le poids dépasse généralement 250 kg.[15]

L'AS/RS à charge unitaire est un système automatisé de stockage et de récupération de marchandises qui utilise des machines pour manipuler des charges unitaires telles que des palettes, des conteneurs ou des boîtes. Ces systèmes sont largement utilisés dans les entrepôts, les centres de distribution et les usines pour gérer les stocks et les mouvements de marchandises de manière efficace et rapide.

Le système AS/RS à charge unitaire utilise des transtockeurs, des empileurs automatiques, des convoyeurs, des robots de manutention ou d'autres équipements automatisés pour stocker et récupérer les charges unitaires dans des rayonnages à plusieurs niveaux. Les machines sont contrôlées par un système informatique centralisé qui gère les opérations de stockage et de récupération en fonction des commandes et des priorités définies par les utilisateurs.

L'AS/RS à charge unitaire offre plusieurs avantages par rapport aux méthodes de stockage traditionnelles, tels que la réduction des temps de manipulation et de stockage, l'augmentation de la densité de stockage, la diminution des erreurs de manipulation, et la réduction des coûts de main-d'œuvre. En outre, ces systèmes peuvent être facilement intégrés à d'autres processus de chaîne logistique pour améliorer l'efficacité globale de l'entreprise.[2]

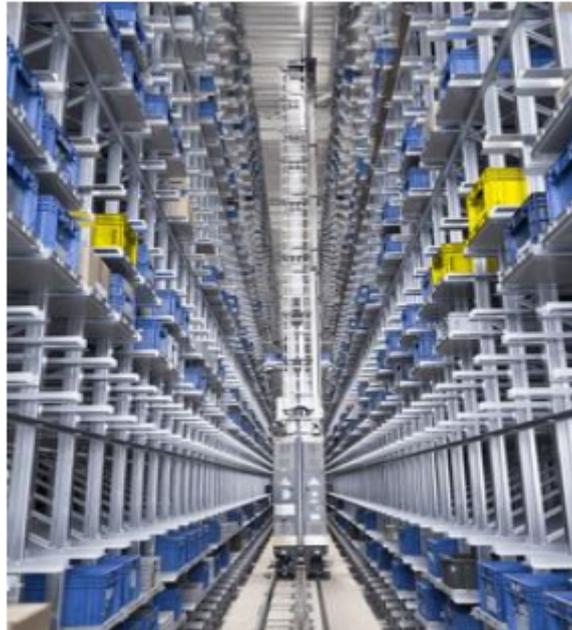


Figure 1.8: AS/RS à charge unitaire
[16]

1.5.2 Les AS/RS à rack glissants ou rayonnage mobiles

Les allées de service dans un AS/RS à rack glissant n'apparaissent que lorsqu'une opération de stockage ou de déstockage est prévue dans les racks correspondants. Ce type de système est une variation des AS/RS multi-allées.[1] Au repos, il existe une seule allée de service, les racks formant le système glissent latéralement, par un mécanisme, sur des rails de telle sorte que l'on puisse ouvrir une allée entre deux racks mitoyens. Un AS/RS à rayonnages mobiles est très utilisés pour l'archivage et le classement de documents. Lorsqu'on dispose d'une surface relativement limitée ou qu'on possède un stock dont les entrées ou sorties sont relativement variables, il peut être utile d'acquérir des systèmes de stockage pratiques et peu encombrants. Ceux-ci permettent d'augmenter la capacité de l'entrepôt de 80 à 90 rapport à des équipements fixes. Les rayonnages mobiles sont fixés sur des chariots et se déplacent ensuite sur des rails.[3]

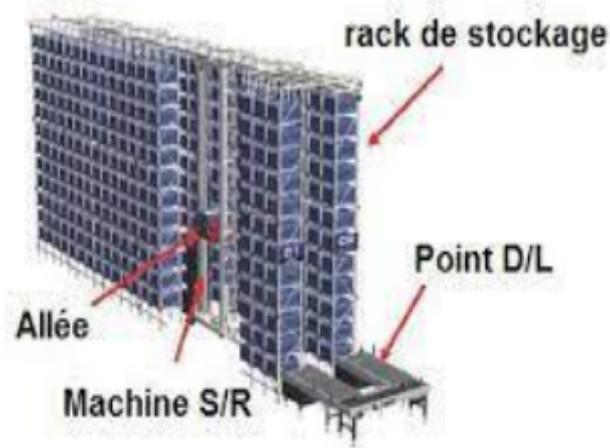


Figure 1.9: AS/RS à rack glissant

1.5.3 Les AS/RS à mini charge ou à charge réduite

Les AS/RS à charge réduite ou mini charge sont des systèmes automatisés de stockage et de récupération de marchandises, conçus pour manipuler des charges de taille plus petite que celles manipulées par les systèmes AS/RS traditionnels. Ces systèmes utilisent des chariots automatisés, appelés "mini-load", pour stocker et récupérer des produits dans des étagères de petite taille. Les mini-loads sont conçus pour manipuler des charges allant jusqu'à environ 500 kg, bien que cela puisse varier selon les fabricants et les modèles. Les AS/RS à charge réduite ou mini charge sont souvent utilisés dans des environnements où les volumes de stockage ne sont pas aussi élevés que ceux nécessitant des AS/RS traditionnels, mais où la précision et la rapidité de la récupération sont tout de même essentielles. Ils sont couramment utilisés dans les entrepôts de détail, les centres de distribution de pièces détachées automobiles, les laboratoires pharmaceutiques et les installations de production.[10]

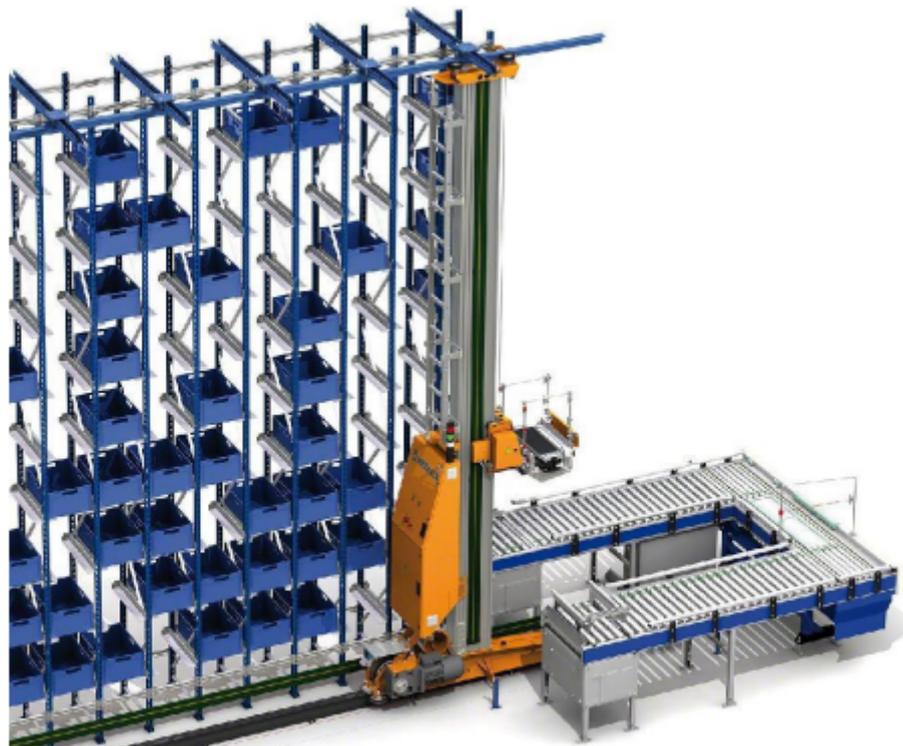


Figure 1.10: AS/RS à mini charge
[12]

1.5.4 Les AS/RS multi allées

Les AS/RS (Automated Storage and Retrieval System) multi allées sont une variation de l'AS/RS à charge unitaire. La différence entre eux se situe au niveau de la machines S/D qui circule selon deux axes horizontaux qui peuvent servir plusieurs allées à la fois.

Ce sont des systèmes de stockage automatisés qui permettent de stocker et de récupérer des produits à partir de plusieurs allées. Contrairement aux AS/RS à simple allée, les AS/RS multi allées disposent de plusieurs allées de stockage qui sont accessibles par un système de navettes ou de transtockeurs.

Ces systèmes de stockage automatisés sont utilisés dans les entrepôts et les centres de distribution pour stocker et gérer des produits de manière efficace. Les AS/RS multi allées permettent une utilisation optimale de l'espace de stockage disponible et une gestion précise des stocks. Ils peuvent également améliorer la rapidité et la précision de la préparation de commandes, réduire les coûts de main-d'œuvre et minimiser les erreurs de stockage.

En raison de leur complexité et de leur coût, les AS/RS multi allées sont généralement utilisés dans les installations de grande envergure avec des volumes de stockage importants. Ils sont particulièrement adaptés pour les entreprises qui gèrent des produits à forte rotation et à forte densité de stockage, tels que les produits alimentaires, les produits pharmaceutiques, les produits électroniques, les pièces automobiles, etc.[11]

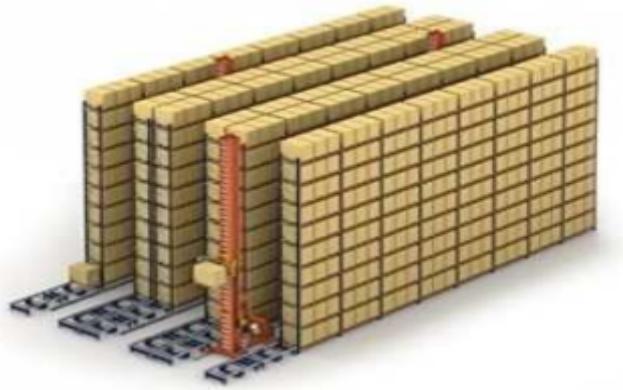


Figure 1.11: AS/RS multi allées
[7]

1.5.5 Les AS/RS à carrousel

Les carrousels sont une bonne alternative aux systèmes à mini charge . Dans ces systèmes, ce sont les casiers qui se déplacent vers l'extrémité du rack où un opérateur .On distingue deux type qui sont:

- **Les AS/RS à carrousel horizontal**

Il est sous forme d'une série de bacs équipés d'étagères, soutenus par un rail ovale. Ces bacs ont la capacité de pivoter dans les deux sens, en suivant le chemin considéré comme le plus court..Les articles utilisés pour cet AS/RS sont : des vêtements suspendus, des armes à feu, des canettes, des tambours,.. [13]



Figure 1.12: AS/RS à carrousel horizontal
[5]

- **Les AS/RS à carrousel verticale**

Le système comprend des plateaux (des bacs) qui peuvent être déplacés Vertical, comme sur une grande roue.[13]



Figure 1.13: AS/RS à carrousel verticale
[5]

1.5.6 Les AS/RS à personne embarqué :

Un AS/RS doté de personnel permet de stocker plusieurs produits dans chaque casier. Avec l'aide d'un opérateur sur une plate-forme mobile équipée d'un système automatique pour la manutention de produits lourds. Les opérations de stockage/sortie des produits se font en une seule fois, générant des incréments dans le débit du système. La machine R/S livre le produit à la station D/L.



Figure 1.14: AS/RS à personne embarqué
[13]

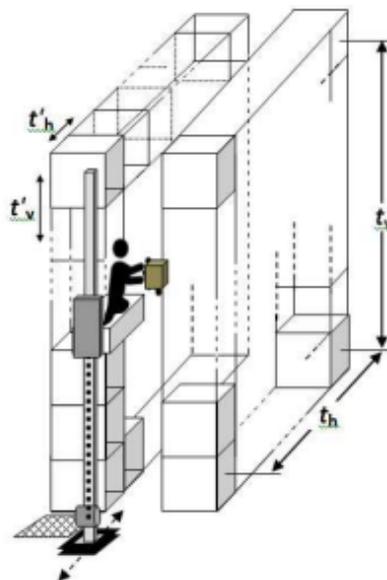


Figure 1.15: Schéma représentatif
d'AS/RS à personne embarqué
[14]

1.5.7 Les AS/RS à étagères profondes

Les systèmes AS/RS à étagères profondes sont une variante des AS/RS à charge unitaire. La différence réside dans le fait que, dans les AS/RS à étagères profondes, plusieurs charges unitaires peuvent être stockées dans le même casier, les unes après les autres. Les produits sont donc entreposés en multicouche plutôt qu'en une seule ou double couche, avec jusqu'à 10 produits par ligne. Cela permet d'obtenir une densité de stockage élevée, permettant ainsi une utilisation optimale de l'espace.



Figure 1.16: AS/RS à étagères profondes
[13]

1.5.8 Les AS/RS à convoyeurs gravitationnel

L'AS/RS à convoyeur gravitationnel est considéré comme une variante de l'AS/RS à étagères profondes. Il est composé d'un ensemble de casiers profonds équipés de convoyeurs gravitationnels, avec deux machines S/D situées aux extrémités. Les produits sont stockés sur une face et déstockés sur l'autre. Il convient de noter que les deux machines S/D sont reliées par un convoyeur gravitationnel qui assure le restockage.



Figure 1.17: AS/RS à convoyeurs gravitationnel [11]

1.6 Technique de stockage

Les produits doivent être mis dans des endroits de stockage avant d'être retirés pour satisfaire les commandes des clients. La politique d'assignement des produits dans les casiers de stockage est un ensemble de règles qui sont utilisés pour attribuer les articles à des emplacements de stockage. Il existe plusieurs méthodes pour attribuer les produits vers les casiers de stockage dans des racks. Cinq stratégies de stockage souvent utilisés pour les AS/RS sont décrites en détail dans **Hausman et al. 1976** [6]. Ces règles sont : [7]

- Stockage dédié (dedicated storage assignment)
- Stockage aléatoire (random storage assignment)
- Stockage aléatoire ouvert (closest open location storage assignment)
- Full turnover (full-turnover-based storage assignment)
- Stockage par classes (class-based storage assignment)

1.6.1 Stockage dédié (dedicated storage assignment)

La méthode de stockage dédié consiste à attribuer à chaque type de produit un emplacement fixe, prédéterminé par le système de contrôle. Cette approche présente à la fois des avantages et des inconvénients. Parmi les principaux inconvénients, on peut citer une utilisation inefficace de l'espace de stockage, car les emplacements sont réservés même pour les produits qui sont en rupture de stock. De plus, la somme des stocks maximums de chaque produit peut dépasser la capacité totale de stockage, ce qui entraîne un besoin accru d'espace pour accommoder les stocks maximums de chaque produit. Cela peut entraîner un taux de remplissage relativement bas du système de stockage, ce qui peut ne pas être optimal en termes d'utilisation de l'espace

disponible (SARI 2003)[8]. Cependant, cette méthode présente également des avantages, tels qu'une localisation précise des produits qui facilite le déstockage, une gestion du stock simple, ainsi qu'un contrôle facile du système, car chaque produit a une aire de stockage prédéterminée.[1]

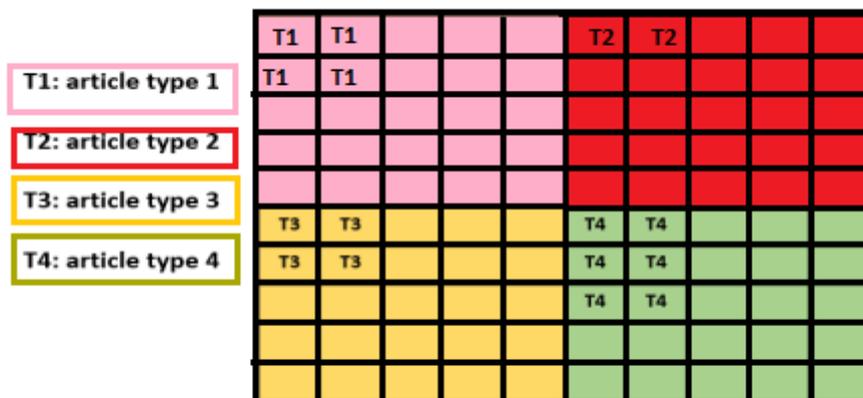


Figure 1.18: Stockage dédiée

1.6.2 Stockage aléatoire (randome storage assignment)

Avec le stockage aléatoire, chaque emplacement vide a une chance égale d'être affecté au prochain chargement.



Figure 1.19: Stockage aléatoire

1.6.3 Stockage aléatoire ouvert (closest open location storage assignment)

Le premier emplacement libre disponible est utilisé pour stocker les produits selon cette méthode. Cela entraîne généralement un système automatisé de stockage et de récupération (AS/RS) où les étagères sont remplies près des points d'entrée/sortie, et progressivement moins remplies à mesure que l'on s'éloigne vers l'arrière (si une capacité supplémentaire est disponible). Cette approche vise à maximiser l'utilisation de l'espace en priorisant le stockage des articles près des zones d'entrée/sortie pour faciliter les opérations de prélèvement et de réapprovisionnement.

1.6.4 Stockage full-turnover(full-turnover-based storage assignment)

La politique de stockage à rotation complète vise à déterminer les emplacements de stockage des articles en fonction de leur fréquence de demande. Les produits qui sont fréquemment demandés sont attribués aux emplacements les plus accessibles, généralement situés près des points d'entrée et de sortie de l'entrepôt. En revanche, les produits à rotation plus lente sont placés à des emplacements plus éloignés du point d'entrée/sortie. Cette approche garantit une meilleure accessibilité aux articles les plus demandés et une optimisation de l'efficacité dans le traitement des commandes.

1.6.5 Stockage par classes (class-based storage assignment)

Une approche courante pour l'affectation des stocks consiste à diviser l'espace disponible de l'entrepôt en plusieurs zones. Chaque article est ensuite attribué à une zone en fonction de la fréquence de sa demande. À l'intérieur de chaque zone, le stockage est effectué de manière aléatoire. Cette méthode, connue sous le nom de politique de stockage à rotation complète ou stockage par classe, est souvent utilisée avec une classification ABC à trois classes. Le principal avantage de cette approche est d'optimiser l'efficacité en stockant les articles à rotation rapide près des points d'entrée/sortie, tout en bénéficiant de la flexibilité offerte par le stockage aléatoire, qui nécessite moins d'espace de stockage.

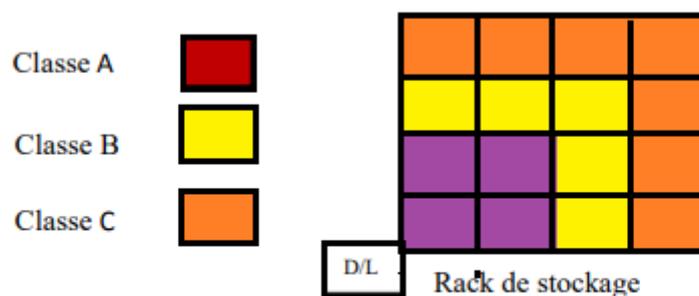


Figure 1.20: Stockage par classe

1.7 Indicateurs de performance des AS/RS

Les avantages majeurs des systèmes de stockage et de récupération automatisés comprennent l'amélioration du débit de sortie, l'augmentation de la capacité de stockage, une meilleure gestion et un contrôle précis des stocks, ainsi qu'une amélioration de la sécurité. Cependant, il est important de prendre en compte certains critères de performance des AS/RS avant de les installer, étant donné que l'investissement initial est généralement très élevé. Les modifications ultérieures sont plus difficiles et coûteuses à réaliser. Il est donc essentiel de procéder à une évaluation minutieuse afin de s'assurer que les AS/RS répondent aux exigences spécifiques de l'entreprise et garantissent un retour sur investissement satisfaisant. Les principales mesures de performances utilisées dans les AS/RS sont :

- 1- **Débit de sortie** : Il s'agit de la quantité de marchandises ou de produits pouvant être traités par le système dans un laps de temps donné. Un AS/RS efficace devrait être capable de gérer un débit élevé pour répondre aux besoins de l'entreprise.
- 2- **Capacité de stockage** : Cela fait référence à la quantité de marchandises ou de produits que le système peut stocker. La capacité de stockage doit être suffisante pour répondre à la demande de l'entreprise sans compromettre l'efficacité opérationnelle.
- 3- **Temps de cycle** : Il s'agit du temps nécessaire pour effectuer une opération complète, du moment où une demande de récupération est initiée jusqu'à ce que le produit soit prêt à être expédié. Un temps de cycle court permet d'améliorer l'efficacité et de réduire les temps d'attente.
- 4- **Précision de récupération** : Cela mesure la capacité du système à récupérer les produits corrects avec précision. Une précision élevée est essentielle pour éviter les erreurs de récupération et minimiser les perturbations dans la chaîne logistique.
- 5- **Disponibilité du système** : Il s'agit de la durée pendant laquelle le système est opérationnel et disponible pour effectuer les tâches requises. Une disponibilité élevée garantit un fonctionnement continu du système et réduit les temps d'arrêt non planifiés.
- 6- **Fiabilité** : Cela se réfère à la stabilité et à la robustesse du système. Un AS/RS fiable minimisera les pannes et les problèmes techniques, assurant ainsi une productivité et une efficacité constantes.
- 7- **Adaptabilité et évolutivité** : Il est important que le système soit capable de s'adapter aux changements de la demande et de l'entreprise, ainsi que de pouvoir être étendu ou modifié si nécessaire.
- 8- **Coût total de possession** : Cela englobe les coûts initiaux d'installation, les coûts d'exploitation, les coûts de maintenance et autres coûts associés au système sur toute sa durée de vie. Il est essentiel d'évaluer le coût total de possession pour s'assurer que le système offre une rentabilité à long terme.

Ces critères de performances peuvent être utilisés comme référence pour évaluer les AS/RS et prendre des décisions éclairées quant à leur installation et à leur utilisation.

1.8 Avantages et inconvénients des systèmes automatisés de stockages et déstockages

L'utilisation d'un système automatisé de stockage et de récupération (AS/RS) présente plusieurs avantages, notamment :[2]

- **Gain d'espace** : Une diminution de l'espace réservé au stockage pouvant atteindre 85 pourcent grâce à une meilleure organisation des produits.
- **Augmentation de la capacité de stockage** : L'AS/RS permet de stocker une quantité plus importante de produits grâce à son système de rangement optimisé.
- **Meilleure gestion et contrôle des stocks** : L'AS/RS fournit des informations précises sur la qualité et la quantité des produits stockés, ce qui permet une gestion plus efficace des stocks.
- **Meilleure précision et réduction des erreurs** : L'automatisation du processus de stockage permet une réduction des erreurs humaines et une meilleure précision dans la gestion des stocks.
- **Amélioration de la production** : L'AS/RS permet un ordonnancement amélioré, une réduction du temps de réponse par rapport aux anciens systèmes et un taux de rendement élevé, ce qui se traduit par une augmentation de la production.
- **Réduction des coûts de fonctionnement** : L'automatisation nécessite moins de frais en termes de main-d'œuvre et de gestion, ce qui permet de réduire les coûts de fonctionnement.
- **Fonctionnement flexible** : Un AS/RS peut être utilisé dans plusieurs domaines et s'adapte facilement aux différents types de produits.
- **Gestion des stocks en temps réel** : L'AS/RS permet une gestion en temps réel des stocks, ce qui permet d'éviter les ruptures de stock.
- **Réduction de la main d'œuvre** : L'automatisation prend en charge les opérations effectuées par les opérateurs, ce qui permet de réduire la main d'œuvre nécessaire.
- **Amélioration de la sécurité** : Le système de stockage et déstockage automatisé dispose d'un niveau de sécurité avancé qui permet de réduire les risques de vol et d'endommagement des produits stockés.

Les AS/RS (Automated Storage and Retrieval Systems) présentent certains inconvénients, notamment :[2]

- **Coût élevé** : Les AS/RS nécessitent un investissement initial important en raison de leur complexité et de leur automatisation. Les coûts liés à l'installation, à la maintenance et à la formation du personnel peuvent également être significatifs.
- **Adaptabilité limitée** : Les AS/RS sont conçus pour un type spécifique de stockage et de manutention des marchandises. Il peut être difficile et coûteux de les adapter à de nouvelles exigences ou de les reconfigurer pour gérer des produits différents.

- **Complexité de mise en œuvre :** L'implémentation d'un AS/RS nécessite une planification minutieuse et une coordination étroite entre les différents composants du système. Cela peut entraîner des délais et des complications lors de la mise en place initiale.
- **Dépendance à l'automatisation :** Les systèmes de stockages et déstockages automatisés sont fortement automatisés, ce qui signifie qu'ils sont vulnérables aux pannes techniques et aux problèmes informatiques. En cas de panne, le système peut devenir indisponible et entraîner des retards dans les opérations de stockage et de déstockage.

1.9 Conclusion

En conclusion, les systèmes de stockage et de déstockage automatisés (AS/RS) offrent une solution avancée et efficace pour la gestion des stocks dans les environnements industriels et logistiques. Ils permettent d'améliorer le débit de sortie, d'optimiser la capacité de stockage, de garantir une gestion précise des stocks et de renforcer la sécurité des opérations.

Cependant, avant de procéder à l'installation d'un AS/RS, il est crucial d'évaluer soigneusement certains critères de performances spécifiques à chaque entreprise. Ces critères incluent le débit de sortie, la capacité de stockage, le temps de cycle, la précision de récupération, la disponibilité du système, la fiabilité, l'adaptabilité et évolutivité, ainsi que le coût total de possession. Une analyse approfondie de ces critères permet de s'assurer que le système répondra aux besoins opérationnels et offrira un retour sur investissement satisfaisant.

Les AS/RS présentent de nombreux avantages, tels qu'une meilleure utilisation de l'espace, une réduction des erreurs humaines, une optimisation de l'efficacité et une augmentation de la productivité. Cependant, il convient de noter que l'investissement initial peut être élevé et que les modifications ultérieures peuvent être complexes et coûteuses. Par conséquent, une planification minutieuse et une évaluation complète sont essentielles pour garantir le succès de la mise en œuvre d'un AS/RS.

Dans l'ensemble, les systèmes de stockage et de déstockage automatisés offrent des avantages significatifs en termes d'efficacité, de productivité et de contrôle des stocks. Ils représentent une solution puissante pour les entreprises qui cherchent à optimiser leurs opérations logistiques et à rester compétitives sur le marché. Grâce à une analyse approfondie des critères de performances et à une mise en œuvre soignée, les AS/RS peuvent contribuer à améliorer la gestion des stocks et à accroître la rentabilité des entreprises.

Chapitre 2

Présentation de l'entreprise Maghreb emballage SPA

2.1 Introduction

L'industrie de l'emballage en carton ondulé est une branche importante de l'industrie de l'emballage. Le carton ondulé est un matériau d'emballage fabriqué à partir de papier et de carton recyclés, qui est connu pour sa robustesse, sa durabilité et son faible coût. Il est souvent utilisé pour l'emballage de produits alimentaires, de produits électroniques, de produits pharmaceutiques et d'autres produits sensibles.

Cette industrie a connu une croissance rapide ces dernières années, en raison de la demande croissante de solutions d'emballage écologiques et durables. Les entreprises de cette industrie travaillent en étroite collaboration avec leurs clients pour développer des solutions d'emballage personnalisées qui répondent à leurs besoins spécifiques, tout en offrant des avantages tels que la légèreté, la facilité de stockage et de transport, et la protection contre les chocs et les vibrations.

Elle est également en constante évolution, avec l'introduction de nouvelles technologies telles que l'impression numérique et l'automatisation des processus de fabrication. Ces technologies permettent une production plus efficace, des délais de livraison plus courts et une personnalisation plus facile des emballages.

Cependant, le secteur de l'emballage en carton ondulé doit également faire face à des défis tels que la concurrence accrue des matériaux d'emballage alternatifs, la pression sur les coûts et les réglementations environnementales de plus en plus strictes.

En fin de compte, cette industrie joue un rôle essentiel dans l'économie mondiale, générant des emplois pour des millions de personnes et permettant la livraison sûre et efficace de milliards de produits aux consommateurs. Grâce à une approche innovante et durable, elle continuera à répondre aux besoins des consommateurs tout en préservant les ressources naturelles pour les générations futures..

2.2 Présentation de l'entreprise

MAGHREB Emballage SPA est une entreprise algérienne spécialisée dans la fabrication et la transformation de tous types d'emballages en carton ondulé. Elle est située à Oran. En plus de son sites de production principale, elle dispose deux autres sites de production, un site de récupération, deux entrepôts de stockages de bobines.

Le site d'El KERMA Oran, où j'ai effectué mon stage de fin d'étude, comprend deux ateliers de production 2.1. L'un de ces ateliers est équipé d'une ligne de production ancienne qui remonte aux années 1960, tandis que l'autre atelier est doté d'une nouvelle ligne qui a été installée en 2019.

En plus des ateliers de production, le site dispose de plusieurs machines de transformation qui sont utilisées pour transformer les produits semi-fini. Ces machines peuvent inclure des machines de découpe, de caisses américaines ou d'autres processus liés à la transformation du carton ondulé.

Le site comprend également un entrepôt dédié au stockage des bobines de matières premières (MP), telles que les rouleaux de papiers. L'entrepôt est un espace utilisé pour conserver les matières premières en attente de leur utilisation dans le processus de production.

Maghreb emballage est présente dans tous les secteurs d'activité sur tout le territoire national, avec des représentations au centre à l'est et à l'ouest du pays, et livre des plaques spécifiques aux transformateurs de carton ondulé.

Maghreb emballage compte actuellement plus de 700 salariés, dont une équipe d'ingénieurs et techniciens formés dans le domaine de la maintenance et de la qualité de haut niveau dans les centres de formation les plus réputées en Algérie, en Europe et chez nos fournisseurs que ce soit en Allemagne, en France ou en Espagne. La formation du personnel est son cheval de bataille tous les ans des centaines de formations sont dispensées en interne et en externe.

Maghreb Emballage est donc une entreprise dynamique, innovante et soucieuse de la satisfaction de ses partenaires.

Les données de l'entreprise[3]

- Capital social: 2 300 000 000 DZD
- Chiffre d'affaire: 4 000 000 000 000 DZD

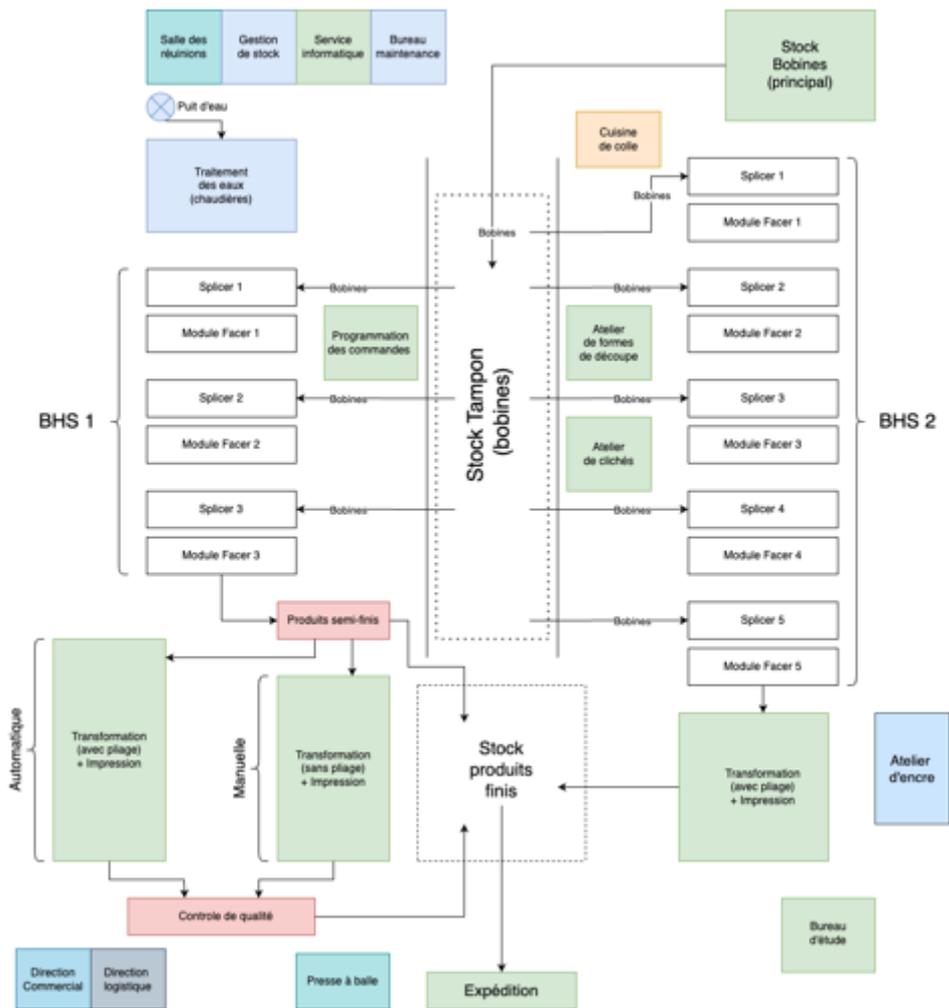


Figure 2.1: Schéma représentatif de l'usine EL kerma



Figure 2.2: LOGO Maghreb emballage

[3]

2.3 Historique

Fondée il y a plusieurs décennies, **Maghreb emballage** a une histoire riche et une tradition d'excellence. Depuis ses modestes débuts, elle a su évoluer et s'adapter aux changements du marché, devenant ainsi un leader reconnu dans son secteur. Son engagement envers l'innovation et la qualité lui a permis de développer des produits et services exceptionnels qui ont eu un impact positif sur la vie de nombreux clients. Au fil des années, elle a bâti une solide réputation en matière de fiabilité et de satisfaction client, ce qui lui a valu la confiance et la fidélité de ses partenaires et de ses employés. Aujourd'hui, alors qu'elle continue à écrire son histoire, elle est fière de ses racines et enthousiaste quant à l'avenir passionnant qui l'attend. La photo historique ci-jointe 2.3 témoigne de son parcours remarquable et de son engagement continu envers l'excellence.

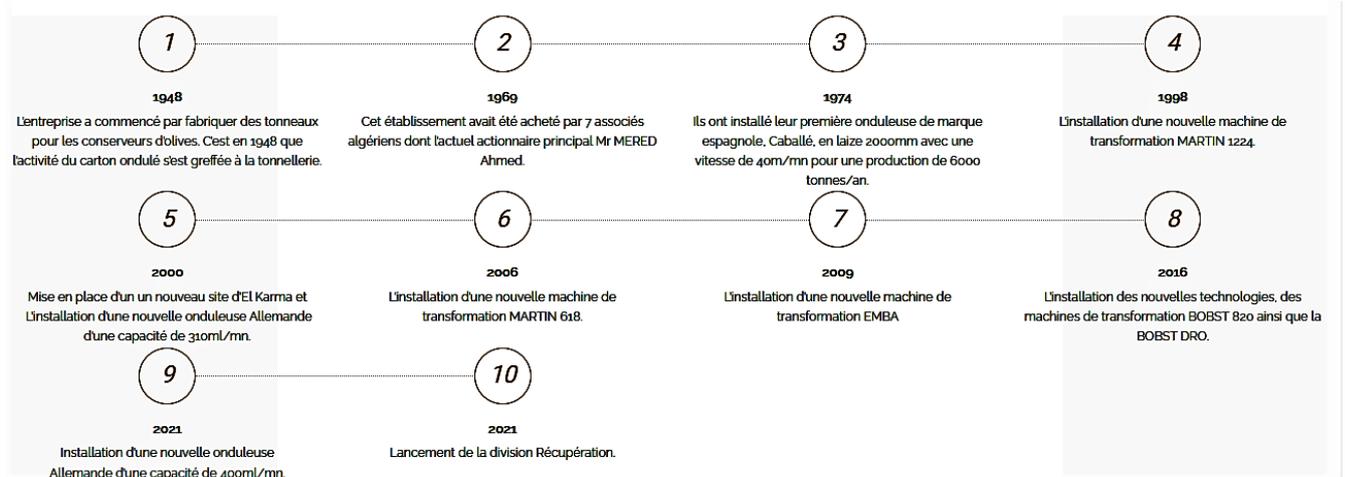


Figure 2.3: L'historique de Maghreb emballage [3]

2.4 Localisation

L'entreprise est idéalement située dans un endroit industriel, l'emplacement offre à ses employés un cadre de travail agréable et inspirant. De plus, la proximité avec les principales voies de transport facilite les échanges avec ses clients et partenaires. La photo de localisation que vous trouverez ci-jointe 2.4 illustre parfaitement la position stratégique.

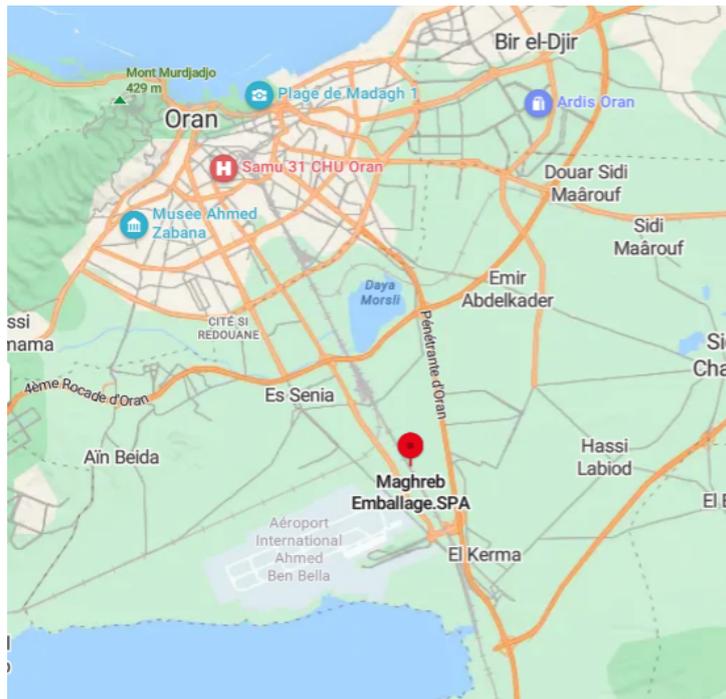


Figure 2.4: Localisation

2.5 Les types de produits existants

Maghreb emballage SPA innove en permanence sa gamme de produits pour répondre aux besoins de ses partenaires. L'entreprise Maghreb Emballage, propose une large gamme de produits d'emballage de qualité. Elle se spécialise dans la fabrication et la fourniture d'emballages en carton, tels que des boîtes, des étuis et des présentoirs, adaptés à diverses industries et applications. Avec son engagement envers l'innovation et la durabilité, l'entreprise veille à ce que ses produits respectent les normes les plus élevées en matière de qualité et de fonctionnalité. Que ce soit pour l'emballage de produits alimentaires, de produits pharmaceutiques ou d'autres biens de consommation, elle est fière d'offrir des solutions d'emballage fiables et personnalisées pour répondre aux exigences de ses clients en Algérie et au-delà. ?? tableau de quelques types de produits met en évidence la diversité de l'offre.[3]

<p>Les Plaques en carton ondulé sont des feuilles de matériau d'emballage constituées de plusieurs couches de papier superposées, avec une couche ondulée au milieu. Ils offrent une protection efficace, sont légers, recyclables et économiques, ce qui en fait un choix courant pour l'emballage de divers produits.</p>	 <p>Figure 2.5: Plaques</p>
<p>Les caisses américaines, également appelées boîtes américaines ou boîtes à rabat, sont un type courant de boîtes en carton ondulé utilisées pour l'emballage et le transport de produits. Elles sont constituées d'une seule pièce de carton plat découpée et pliée pour former une boîte rectangulaire avec des rabats sur le dessus et le dessous.</p>	 <p>Figure 2.6: Caisses américaines</p>
<p>Les boîtes d'archives en carton ondulé est un type de boîte spécialement conçu pour le stockage et l'archivage de documents et de dossiers importants. Elle est fabriquée à partir de carton ondulé, qui est un matériau durable, léger et résistant.</p>	 <p>Figure 2.7: Boîtes d'archives</p>
<p>Les barquettes alimentaires en carton ondulé sont des récipients spécialement conçus pour l'emballage et le transport des aliments. Elles sont fabriquées à partir de carton ondulé, un matériau sûr et hygiénique pour une utilisation alimentaire. ces barquettes peuvent être personnalisés selon la demande du client</p>	 <p>Figure 2.8: Barquettes alimentaires</p>
<p>Les boîtes alimentaires à emporter, également appelées boîtes de restauration rapide ou boîtes à emporter, sont des contenants spécialement conçus pour le conditionnement et le transport des repas à consommer hors du restaurant ou à emporter.</p>	 <p>Figure 2.9: Boîtes alimentaires à emporter</p>

Table 2.1: Quelques types de produits[3]

Tous ces produits peuvent être personnalisés selon les demandes spécifiques du client.

2.6 Structure organisationnelle de l'entreprise

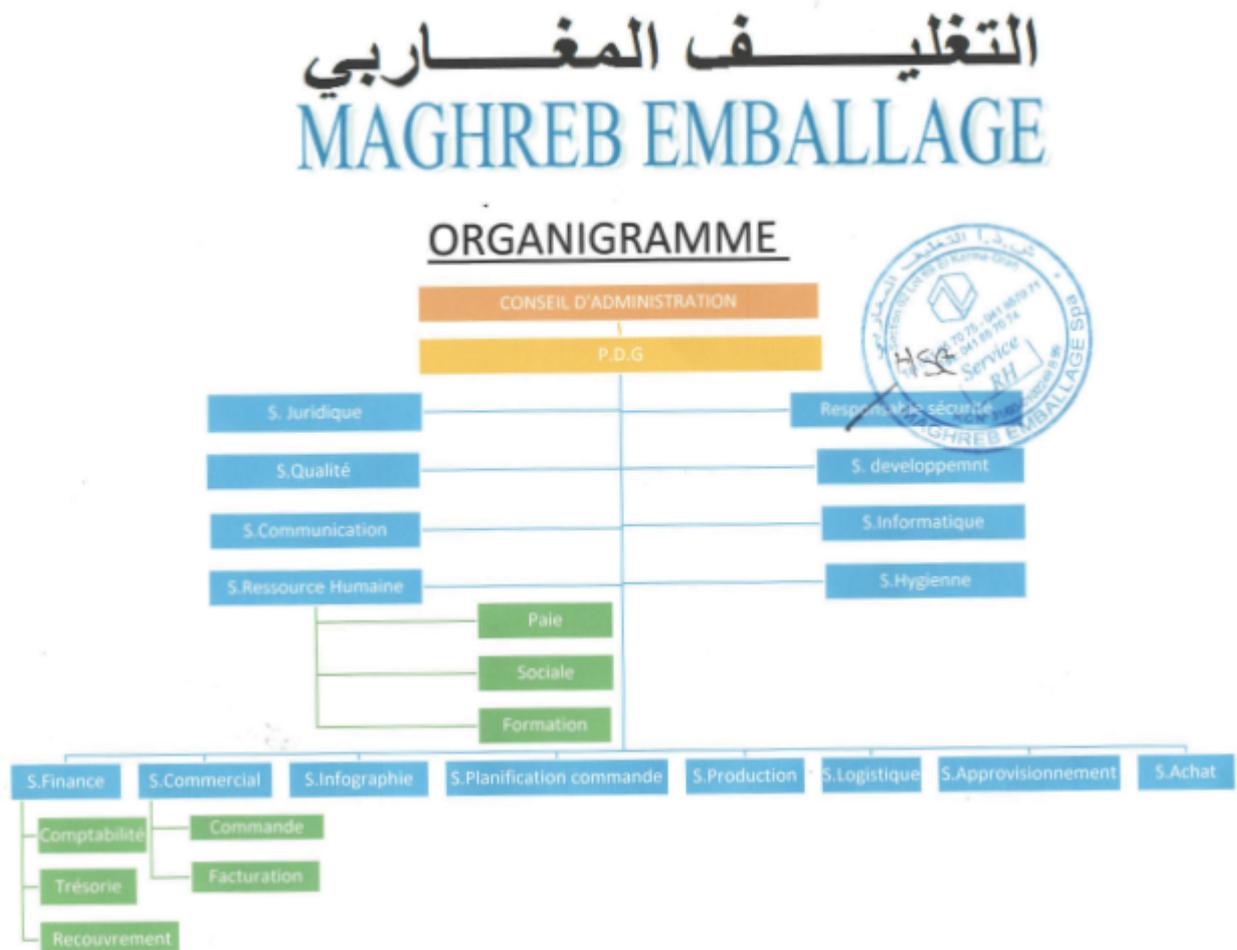


Figure 2.10: L'organigramme de l'entreprise

2.7 Carton ondulé

2.7.1 Historique

Le carton ondulé est un matériau d'emballage largement utilisé dans le monde entier. Son histoire remonte au XIXe siècle, avec le développement du carton ondulé moderne tel que nous le connaissons aujourd'hui.

Voici un bref historique du carton ondulé :

Début des années 1800 : Les premières formes de carton ondulé sont apparues en Angleterre et aux États-Unis. Cependant, ces premières versions étaient rudimentaires et n'avaient pas encore atteint leur forme et leur structure actuelles.

- Années 1850 : L'industrialisation du processus de fabrication du carton ondulé a commencé. Des machines ont été développées pour produire des feuilles de carton ondulé à grande échelle.

- Années 1870 : L'inventeur américain Albert Jones a breveté la première machine à ondulé pour la production de carton ondulé. Cette invention a permis une production plus efficace et a ouvert la voie à l'utilisation plus répandue du carton ondulé.
- Années 1890 : La popularité du carton ondulé a augmenté, principalement en raison de sa légèreté, de sa résistance et de sa capacité à protéger les produits pendant le transport. Il est devenu un choix populaire pour l'emballage des marchandises.
- Début du XXe siècle : Des progrès ont été réalisés dans les techniques de fabrication et les machines utilisées pour produire le carton ondulé. Les industries de l'emballage ont adopté de plus en plus ce matériau pour ses avantages en termes de coûts, de durabilité et de polyvalence.
- Évolution continue : Au fil des décennies, de nouvelles technologies et innovations ont permis d'améliorer la qualité du carton ondulé. De nouveaux revêtements et traitements ont été développés pour renforcer sa résistance à l'eau et aux chocs, et pour répondre aux exigences spécifiques de diverses industries.

Aujourd'hui, le carton ondulé est utilisé dans de nombreux secteurs, tels que l'emballage alimentaire, le commerce électronique, l'industrie automobile et bien d'autres. Il est apprécié pour sa recyclabilité, sa légèreté, sa flexibilité et sa capacité à être personnalisé pour répondre aux besoins spécifiques des entreprises et des consommateurs.

2.8 Processus de fabrication du carton ondulé

2.8.1 Généralités

L'étude de la résistance des matériaux a permis, dans le cas des matériaux de construction, de remplacer de lourdes poutres massives par des structures profilées aussi rigides mais plus légères. De la même façon, le carton ondulé permet de remplacer un lourd carton massif par plusieurs feuilles planes maintenues équidistantes par une ou plusieurs entretoises de forme ondulée. [6]

- Les feuilles planes externes sont appelées « couvertures ».
- Les feuilles planes internes sont appelées « médianes ».
- Les feuilles ondulées formant entretoises sont appelées « cannelures ».

Le Simple Face (SF, 2.11) est constitué d'une couverture et d'une cannelure solidarisées par collage sur les crêtes de cannelure en contact avec la couverture ; il est utilisé pour l'emballage, le calage, le support pour panneaux divers et se stocke généralement en rouleaux. Les autres types d'ondulé énumérés ci-après sont rigides et donc découpés en plaques dès qu'ils sont fabriqués. Leur utilisation essentielle est l'emballage.

- La Simple Cannelure (SC, 2.11) est formée d'une simple face et d'une couverture collée sur la face libre de la cannelure.
- La Double Cannelure (DC, 2.11) associe deux simples faces et une couverture.
- La Triple Cannelure (TC, 2.11) associe trois simples faces et une couverture.

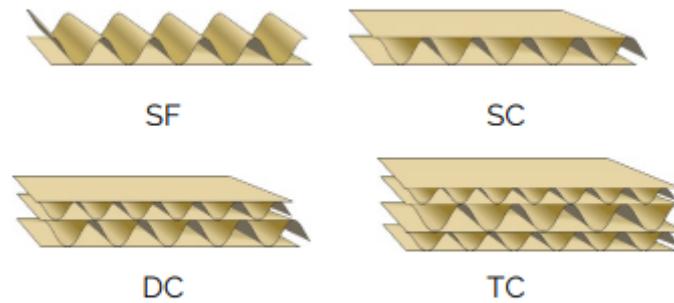


Figure 2.11: Principaux types de carton ondulé

2.8.2 Fabrication du carton ondulé

L'onduleuse: La machine onduleuse de la marque allemande BHS, également connue sous le nom de train onduleur, est un ensemble de sous-machines interconnectées de manière organisée et synchronisée. Elle nécessite l'utilisation d'une énergie mécanique sous forme de pression et d'une énergie thermique sous forme de vapeur. La machine se compose de deux parties distinctes : une partie humide et une partie sèche. Son objectif est de produire du carton ondulé de haute qualité avec une précision et une efficacité remarquables. Elle a une longueur d'environ une centaine de mètres et une largeur comprise entre 1,40 et 3,3 mètres. [2.12](#) [2.13](#)

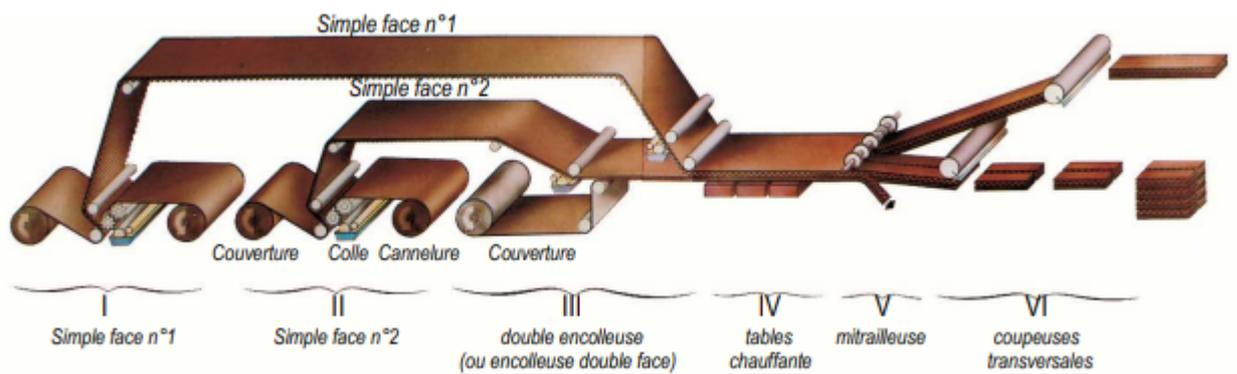


Figure 2.12: Fabrication du carton ondulé : vue générale schématique d'une onduleuse [6]



Figure 2.13: L'onduleuse BHS

elle se compose des éléments suivants:

A- Partie humide:

Le rôle principal de ce processus est basé sur l'ondulation, l'assemblage des papiers ainsi que le collage. On distingue dans cette partie :

- **Post simple:** Un ou plusieurs postes simple face assemblent chacun une couverture et une cannelure (ondulé simple face). Dans la machine simple face 2.14, le papier de cannelure est ondulé entre deux cylindres cannelés chauffés à environ 180°C. La cannelure ainsi formée est maintenue sur les cylindres cannelés par aspiration ou pression d'air, ou par des applicateurs métalliques (peignes), tandis que la colle est déposée sur les sommets des cannelures ; la couverture est appliquée sur la cannelure par un cylindre chauffé parallèle (presse-lisse) ou par une courroie (tapis). Dans la simple face, des systèmes peuvent permettre de permuter des cylindres cannelés de profils différents : systèmes à tiroirs, à barillets...

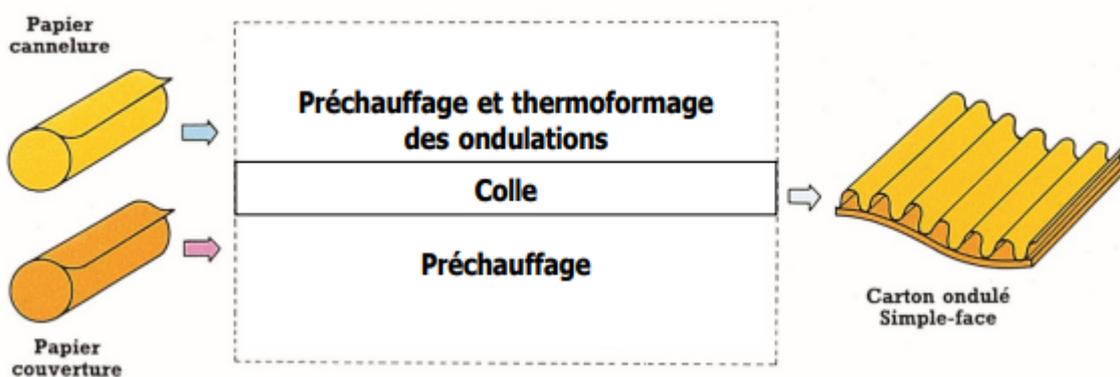


Figure 2.14: Fabrication du carton ondulé simple face

- **Poste double:** Un poste double face où sont assemblés un, deux ou trois ondulés simple face et une couverture pour réaliser de la SC, de la DC ou de la TC.
- **Système d'encollage:** Il examine les différents types de surfaces et les nouvelles évolutions qui permettent une meilleure optimisation de l'encollage. Dans l'industrie du carton ondulé, il existe deux types de cylindres encolleurs différents. D'une part, les cylindres encolleurs tramés sont les plus couramment utilisés, et d'autre part, il y a des modèles structurés également appelés cylindres sablés ou matés. Les cylindres chromés structurés ou sablés ont une durée de vie plus courte et sont moins coûteux à construire. De plus, ils ont un volume nettement plus faible, souvent indéfini. En revanche, les cylindres encolleurs tramés, avec des trames standard variant de 7 L.cm-1 à 10 L.cm-1, ont un volume beaucoup plus élevé mais bien défini. Ils sont plus coûteux, mais leur durée de vie est considérablement plus longue. De plus, pour obtenir une surface structurée sans compromettre la qualité, d'autres méthodes sont en développement. De plus, afin d'obtenir une surface structurée sans avoir à utiliser une quantité excessive de colle, des trames fines sont souvent utilisées. Il est important de noter que le dosage de colle diffère grandement entre l'application sur une seule face et sur les deux faces du matériau. Pour l'encollage d'une seule face, l'intervalle de temps entre l'application de la colle et son collage est très court. De plus, la pression de collage appliquée peut généralement être plus élevée. Par conséquent, il est possible d'obtenir une bonne adhérence avec une quantité de colle réduite.

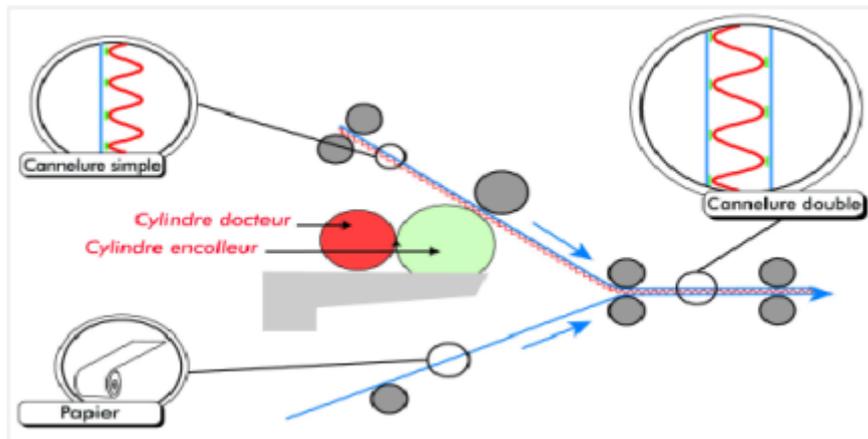


Figure 2.15: Système de collage double face

- **Table chauffante:** La table chauffante de la machine onduleuse est divisée en trois sections principales : **le collage, le séchage et entrainage**. Chacune de ces sections a un rôle spécifique qui est déterminé en fonction des variations de température et de pression appliquées sur la feuille de carton. Ces paramètres varient non seulement d'une section à l'autre, mais aussi en fonction du type de carton utilisé et des types de papiers.

Chaque section de la table chauffante est composée de plaques chauffantes situées du côté inférieur, sur lesquelles le papier chauffé glisse grâce à la vapeur fournie par la chaudière via les conduites de vapeur. De plus, un tapis roulant est situé du côté supérieur de la table chauffante. Des plaques appelées patines permettent d'appliquer une pression physique sur le tapis, qui à son tour exerce une pression sur le papier contre les plaques chauffantes. Ces deux facteurs, la température et la pression, sont les éléments essentiels pour assurer un bon collage des feuilles de carton.

Dans la section de collage, la chaleur provoque un éclatement complet des granules d'amidon. Cela permet à la colle d'atteindre son point de gélatinisation et de fixer les deux feuilles de papier l'une sur l'autre. Cette phase de collage se déroule à une température légèrement inférieure à celle de la deuxième section, afin d'éviter un choc thermique pour la colle et sa cristallisation, ce qui pourrait entraîner des défauts dans la plaque de carton.

La partie séchage de la table chauffante a pour rôle d'éliminer l'excès d'humidité du carton produit, étant donné que la colle utilisée contient environ 75 pour cent d'eau. Cela permet d'obtenir un carton final séché et prêt à être utilisé.

Quant à la partie entraînement, elle est équipée d'un autre tapis situé du côté inférieur et ne comporte pas de patine roulante dans le sens de déplacement de la feuille de carton. Son but est de faciliter le passage du carton vers les autres parties de la machine onduleuse, où il subira des opérations telles que la découpe et la transformation en produit semi-finis.

B- Partie sèche:

Cette partie de la machine a pour rôle de réaliser les découpes nécessaires en fonction des dimensions et des empilements requis. Elle permet ainsi de donner la forme souhaitée au produit semi-fini. Cela est réalisé grâce à la coupeuse longitudinale, également appelée mitrailleuse, qui effectue la découpe et les refoulements selon la largeur du carton à l'aide de couteaux circulaires. De plus, la coupeuse transversale utilise deux couteaux transversaux (couteau et contre-couteau) pour découper le carton selon sa longueur (avec une longueur minimale de 500 mm).

Il est important de noter la présence de deux séparateurs de poses sur deux plateaux, ce qui permet de traiter simultanément deux commandes différentes en termes de dimensions. À la fin de cette étape, le carton est transporté par un tapis roulant qui fonctionne à une vitesse cinq fois inférieure à celle de la production. Le carton est ensuite empilé sur des plateaux selon des quantités prédéfinies, grâce à des tables montantes et descendantes. Cette étape se termine par la réception des palettes. Les plaques de carton ainsi obtenues sont considérées comme des produits semi-finis, qui peuvent être expédiés directement ou utilisés dans la partie transformation ultérieure.

- **Transformation:** La principale mission de cette partie est de transformer la plaque de carton semi-fini en un produit fini prêt à être utilisé, en respectant les exigences spécifiques du client et en garantissant une qualité optimale. Trois principales tâches doivent être réalisées :

- 1 - **L'impression :** Elle s'effectue grâce à l'utilisation de machines de haute technologie, telles que le groupe BOBST, qui permettent d'atteindre des niveaux de performance élevés. Dans l'entreprise Maghreb Emballage SPA, l'impression est réalisée en utilisant le procédé d'impression flexographique. Ce procédé repose sur trois éléments principaux : le carton ondulé utilisé comme support, les encres à base d'eau et les clichés photopolymères. Ces éléments sont essentiels pour obtenir des impressions de qualité sur les emballages en carton ondulé.
- 2 - **La découpe :** C'est une étape cruciale dans le processus de transformation du carton ondulé. Elle est réalisée à l'aide de machines spécialisées conçues pour la découpe précise et efficace du carton. Ces machines sont équipées de lames tranchantes et sont programmées pour découper le carton selon les dimensions et les formes requises. La découpe peut être effectuée selon différents paramètres, tels que la taille, la forme, les motifs ou les perforations spécifiques. Cette étape permet d'obtenir des pièces de carton découpées avec précision, prêtes à être assemblées pour former l'emballage final ou d'autres produits à base de carton ondulé.
- 3 - **Le collage :** L'étape clé pour obtenir un produit fini dans la fabrication d'emballages en carton ondulé. Il garantit la solidité, la durabilité et la protection des produits emballés, contribuant ainsi à fournir des solutions d'emballage de haute qualité.

Pendant mon stage, j'ai eu l'opportunité de travailler au sein de l'entreprise sur la nouvelle chaîne de production de l'onduleuse BHS. Cette onduleuse est un équipement clé dans le processus de fabrication des produits finis. Ce qui la rend particulièrement intéressante, c'est son intégration avec un convoyeur qui assure la sortie des produits semi-finis.

La chaîne de production de l'onduleuse BHS est conçue de manière à optimiser l'efficacité et la productivité de l'entreprise. Le convoyeur connecté à l'onduleuse joue un rôle crucial en transportant les produits semi-finis de l'onduleuse vers les étapes suivantes du processus de production.

Cette intégration entre l'onduleuse BHS et le convoyeur permet une transition fluide et continue des produits semi-finis vers les prochaines étapes de fabrication. Cela réduit les temps d'arrêt et améliore l'efficacité globale de la production.

2.9 Différents services et bureaux administratifs

2.9.1 Service commercial

Le service commercial joue un rôle essentiel dans la gestion des activités liées aux ventes, à la relation client et au développement des affaires. Voici quelques-unes des principales fonctions et responsabilités du service commercial :

- **Gestion des ventes :**Le service commercial est responsable de la vente des produits ou services de l'entreprise. Cela comprend la prospection de nouveaux clients, la négociation des contrats, l'établissement des devis, la prise de commandes et le suivi des ventes.
- **Relation client :**Le service commercial entretient des relations étroites avec les clients existants. Il s'engage dans la gestion de la relation client en répondant aux demandes, en fournissant un soutien technique, en gérant les plaintes ou les réclamations, et en assurant la satisfaction globale du client.
- **Développement commercial:** Le service commercial est responsable du développement de nouvelles opportunités commerciales. Cela peut inclure l'identification de nouveaux marchés, la recherche de partenariats ou de collaborations, la participation à des salons professionnels et la réalisation d'études de marché pour mieux comprendre les besoins des clients.
- **Suivi des performances:** Le service commercial collecte et analyse les données relatives aux ventes, aux prévisions et aux indicateurs clés de performance. Il évalue les performances commerciales, identifie les tendances, fixe des objectifs et met en œuvre des stratégies pour améliorer les résultats.
- **Coordination avec d'autres services :**Le service commercial travaille en étroite collaboration avec d'autres départements tels que la production, le marketing, la logistique et la finance pour assurer une coordination efficace des activités commerciales.

En résumé, le service commercial est chargé de générer des revenus pour l'entreprise en gérant les ventes, en entretenant des relations positives avec les clients, en développant de nouvelles opportunités commerciales et en optimisant les performances commerciales globales.

2.9.2 Service expédition

Le service d'expédition a pour rôle de planifier, coordonner et exécuter les activités liées à la livraison des produits finis aux clients de l'entreprise en respectant les différents délais et contraintes. Parmi les tâches principales de service :

- **Planification des expéditions** :Le service d'expédition doit planifier les expéditions en fonction des commandes des clients et de la capacité de production de l'usine. Il doit également tenir compte des exigences spécifiques des clients en matière de délais de livraison et de modes de transport.
- **Coordination avec les autres services** :Le service d'expédition doit travailler en étroite collaboration avec les autres services de l'usine, tels que le service commercial et le service de programmation de commandes, pour s'assurer que les produits sont prêts à être expédiés dans les délais impartis et conformément aux normes de qualité de l'usine.
- **Gestion des documents** :Le service d'expédition est responsable de la préparation et de la vérification de tous les documents nécessaires à l'expédition des produits, tels que les bons de livraison, les factures et les certificats d'origine. Il doit également s'assurer que tous les documents sont correctement archivés.
- **Coordination des transporteurs** :Le service d'expédition doit coordonner les activités des transporteurs pour s'assurer que les produits sont livrés dans les délais impartis et conformément aux exigences des clients.
- **Suivi des expéditions** :Le service d'expédition doit suivre les expéditions pour s'assurer qu'elles sont livrées dans les délais impartis et que les produits sont en bon état à leur arrivée chez le client. Il doit également résoudre les problèmes liés aux retards ou aux dommages éventuels.

En somme, le service d'expédition est un maillon important de la chaîne de production dans l'entreprise, qui garantit que les produits finis sont livrés aux clients dans les délais impartis et conformément aux normes de qualité et réputation de **MAGHREB EMBALLAGE**.

2.9.3 Bureau d'étude

Le bureau d'études dans une usine de carton ondulé joue un rôle important dans la conception et le développement de nouveaux produits. Les principales responsabilités du bureau d'études peuvent inclure :

- **Conception de nouveaux produits** :Le bureau d'études est chargé de concevoir de nouveaux produits.
- **Optimisation des processus de production** :Le bureau d'études travaille en collaboration avec les services de production et de maintenance pour optimiser les processus de fabrication, en identifiant des améliorations possibles pour réduire les coûts, améliorer la qualité et augmenter la productivité.
- **Gestion des données techniques** :Le bureau d'études gère les données techniques relatives aux produits et aux processus de fabrication, en les archivant et en les mettant à jour régulièrement pour assurer leur traçabilité et leur disponibilité.

Dans l'ensemble, le bureau d'études est un acteur clé dans l'innovation et l'optimisation des processus de fabrication dans MAGHREB EMBALLAGE, en contribuant à la conception de nouveaux produits et à l'amélioration de la qualité et de la productivité de l'entreprise.

2.9.4 Programmation des commandes

Le service programmation des commandes est responsable de la planification et de la gestion de la production des commandes en cours. Les principales responsabilités du service programmation des commandes sont :

- Planification de la production :Le service programmation des commandes planifie la production en fonction des commandes en cours, en veillant à optimiser les délais de fabrication, à maximiser l'utilisation des équipements et à minimiser les coûts.
- Coordination avec les autres services :Le service programmation des commandes travaille en étroite collaboration avec les autres services de l'usine, notamment le bureau d'études, la production et la logistique, afin d'assurer une bonne coordination des activités.
- Suivi de la production :Le service programmation des commandes suit la production en temps réel, en vérifiant que les délais sont respectés, que la qualité est conforme aux exigences et que les coûts sont maîtrisés.

Ce service est spécialisé dans réalisation de commandes et les programmer dans la BHS. Ils utilisent les différentes données tel que la laize, EMB, Coupe, Rabat et quantités et ils essayent d'optimiser la production en profitant le maximum de la bobine ce qui résultent moins de déchets, et ils essayent de maximiser les poses, en respectant aussi les différentes contraintes tel que le nombre maximal et minimal des couteaux. Dans l'ensemble, le service programmation des commandes est un acteur clé dans la satisfaction des clients et la rentabilité de l'entreprise, en assurant une gestion efficace de la production.

2.9.5 Service Logistique de transport

Le service de logistique externe de l'entreprise se charge de la gestion de la logistique extérieure, notamment en ce qui concerne la communication avec les divers fournisseurs ainsi que l'exécution des procédures liées aux ports et au transport maritime. Ce département se divise principalement en deux parties distinctes.

La première partie, appelée la partie information, est chargée de rassembler et de maintenir à jour toutes les informations pertinentes. Cela garantit que l'entreprise dispose des données les plus récentes pour mener à bien ses opérations logistiques.

La deuxième partie, la partie documentaire, s'occupe de la gestion de tous les documents essentiels. Il peut s'agir de contrats d'achat et de vente de conteneurs, de documents de dédouanement et d'autres documents similaires nécessaires pour les activités logistiques. Il est crucial que ces documents soient correctement gérés et mis à jour conformément aux exigences réglementaires.

Le service de logistique externe assure le suivi des flux de marchandises importées ou exportées par l'entreprise. Il veille à ce que ces flux soient traçables et assure un suivi continu tout au

long du processus logistique.

Il collabore étroitement avec les partenaires logistiques de l'entreprise tels que les transitaires, les transporteurs et les agents de fret. Cette collaboration garantit une coordination harmonieuse des activités logistiques pour un déroulement efficace.

En résumé, le service de logistique externe de l'entreprise gère la logistique extérieure, en se concentrant sur la communication avec les fournisseurs et l'exécution des procédures portuaires et de transport maritime. Il assure le suivi des flux de marchandises, collabore avec les partenaires logistiques, travaille avec divers fournisseurs .

2.9.6 Bureau recherche et développement

Le bureau de recherche et développement (R&D) dans une entreprise de l'emballage en carton ondulé joue un rôle essentiel dans l'innovation et l'amélioration continue des produits, des processus et des technologies utilisés dans la fabrication des emballages en carton ondulé. Les principales responsabilités du bureau R&D peuvent inclure :

- Conception et développement de nouveaux emballages : Le bureau R&D travaille sur la conception de nouveaux modèles d'emballages en carton ondulé répondant aux besoins spécifiques des clients. Cela peut impliquer l'utilisation de logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) pour créer des prototypes virtuels, ainsi que la fabrication de prototypes physiques pour les tests et les évaluations.
- Amélioration des caractéristiques techniques : Le bureau R&D cherche à améliorer les propriétés techniques des emballages en carton ondulé, telles que la résistance, la durabilité, la protection contre les chocs, etc. Cela peut impliquer des études de matériaux, des tests de performance et des analyses de faisabilité pour trouver des solutions plus efficaces.

En résumé, le bureau R&D dans une entreprise de l'emballage en carton ondulé est chargé de la recherche, du développement et de l'amélioration des produits et des processus liés à la fabrication d'emballages en carton ondulé. Son objectif est de proposer des solutions novatrices, durables et adaptées aux besoins des clients, tout en optimisant les performances techniques et économiques de l'entreprise.

Il est important de savoir qu'il existe d'autres services et ateliers qui n'ont pas été mentionnés dans ce contexte.

2.10 Conclusion

En conclusion, Maghreb Emballage est une entreprise spécialisée dans la fabrication de carton ondulé qui offre une solution d'emballage polyvalente, écologique et de haute qualité. Grâce à son expertise et à l'utilisation de technologies avancées, l'entreprise est en mesure de produire des emballages en carton ondulé répondant aux besoins spécifiques de ses clients. Les avantages du carton ondulé, tels que sa légèreté, sa résistance, sa facilité de personnalisation et son coût compétitif, en font un choix populaire pour de nombreuses industries. Maghreb Emballage s'engage à fournir des emballages durables, fonctionnels et esthétiquement attrayants, tout en contribuant à la préservation de l'environnement grâce à l'utilisation de matériaux recyclables. Avec son engagement envers la qualité, le service client et l'innovation, Maghreb Emballage se positionne comme un acteur clé sur le marché de l'emballage en carton ondulé, offrant des solutions fiables et adaptées aux besoins de ses clients.

Chapitre 3

Conception d'un AS/RS multi-allées pour les plaques en carton ondulé

3.1 Introduction

Dans le secteur de la production et de la logistique, le stockage efficace des produits semi-finis est essentiel pour assurer un flux de production fluide et une gestion optimale des stocks. Dans le cas spécifique d'une entreprise qui stocke des plaques en carton ondulé, il devient crucial de mettre en place un système de stockage efficace qui optimise l'utilisation de l'espace tout en facilitant l'accès et la gestion des produits.

Une approche prometteuse pour répondre à ces besoins est la mise en œuvre d'un système de stockage automatisé à récupération, connu sous le nom d'AS/RS (Automated Storage and Retrieval System). L'AS/RS est une solution technologique avancée qui combine l'automatisation, la gestion intelligente des stocks et la rapidité d'accès aux produits pour améliorer l'efficacité globale de l'entreprise.

L'objectif de cette étude de conception d'un AS/RS spécifique est de proposer une solution sur mesure pour le stockage des plaques en carton ondulé dans l'entreprise. En utilisant les principes de conception et les technologies de pointe de l'AS/RS, cette étude vise à optimiser l'utilisation de l'espace disponible, réduire les temps d'accès aux produits, minimiser les erreurs de stockage et faciliter la gestion des stocks.

La réalisation de cette étude de conception implique l'analyse approfondie des besoins et des contraintes spécifiques de l'entreprise, la modélisation des flux de production, la conception du système de stockage automatisé, l'évaluation des coûts et des bénéfices, ainsi que la proposition de recommandations concrètes pour la mise en œuvre de l'AS/RS.

Cette étude de conception d'un AS/RS pour le stockage des plaques en carton ondulé présente une opportunité d'améliorer considérablement l'efficacité et la productivité de l'entreprise, tout en réduisant les coûts opérationnels et en optimisant la gestion des stocks. Les résultats de cette étude pourraient servir de base solide pour prendre des décisions éclairées quant à l'adoption et à la mise en œuvre d'un système de stockage automatisé dans l'entreprise.

Il convient de noter que cette étude de conception d'un AS/RS est basée sur des principes et des pratiques générales dans le domaine de la logistique et de l'automatisation industrielle. Des ajustements spécifiques à l'entreprise, aux besoins des clients et aux caractéristiques des plaques en carton ondulé seront pris en compte pour garantir une solution sur mesure adaptée aux exigences uniques de l'entreprise.

La réalisation de cette étude représente une opportunité passionnante pour améliorer la gestion du stockage des plaques en carton ondulé, en intégrant des technologies innovantes et en maximisant l'efficacité opérationnelle de l'entreprise.

3.2 Problématique

3.2.1 Motivation

Dans l'entreprise de fabrication de carton ondulé où j'ai effectué mon stage, le système de stockage actuel repose sur un mode de stockage traditionnel aléatoire pour les plaques de produit semi-finis. Bien que ce mode de stockage présente certains avantages, il peut également engendrer des problèmes et des défis.

L'un des problèmes majeurs du stockage aléatoire est la difficulté de localiser rapidement les plaques spécifiques lorsque nécessaire. Étant donné qu'il n'y a pas d'ordre prédéfini pour le placement des plaques, il peut être laborieux et chronophage de les retrouver parmi les emplacements aléatoires de l'entrepôt. Cela peut entraîner des retards dans la préparation des commandes et une perte de productivité.

Un autre défi rencontré avec le stockage aléatoire est la gestion des niveaux de stock. Sans une structure organisée, il peut être difficile d'évaluer précisément la quantité de plaques disponibles et de planifier les réapprovisionnements en conséquence.

De plus, le stockage aléatoire peut entraîner une utilisation inefficace de l'espace de stockage disponible. Les plaques sont souvent placées dans les premiers emplacements vides rencontrés, ce qui peut entraîner un gaspillage d'espace. Certains emplacements peuvent rester inutilisés ou sous-utilisés, tandis que d'autres peuvent être surchargés, ce qui réduit l'efficacité globale de l'espace de stockage.

Un autre problème potentiel du stockage aléatoire est le manque de traçabilité des plaques. Sans un système de suivi approprié, il peut être difficile de suivre l'historique des mouvements des plaques, de savoir quand elles ont été stockées ou utilisées, et d'identifier les éventuelles erreurs ou pertes. Cela peut rendre la gestion des stocks plus complexe et entraîner des erreurs d'inventaire.

Bien que le stockage aléatoire puisse offrir une certaine flexibilité, il peut également poser des problèmes dans la gestion des plaques de produit semi-finis dans l'entreprise de fabrication de carton ondulé. Les difficultés à localiser rapidement les plaques, la gestion inefficace des niveaux de stock, l'utilisation inappropriée de l'espace et le manque de traçabilité sont autant de défis qui peuvent avoir un impact sur l'efficacité et les coûts de l'entreprise. Il pourrait être judicieux pour l'entreprise d'envisager une transition vers un système de stockage automatisé ou une autre méthode plus structurée pour améliorer la gestion des stocks et optimiser les opérations logistiques.

3.2.2 Objectif

L'objectif principal est de concevoir un système automatisé de stockage et de déstockage multi-allées pour l'entreprise de fabrication d'emballage en carton ondulé.

3.3 Amélioration à apporter

Le passage d'un système de stockage traditionnel aléatoire à un système de stockage automatisé dans l'entreprise de fabrication de carton ondulé offre de nombreuses améliorations significatives. Voici les principaux avantages de cette transition :

- 1 - Optimisation de l'espace : Un système de stockage automatisé permet une utilisation plus efficace de l'espace disponible dans l'entrepôt. Les équipements automatisés, tels que les rayonnages mobiles, les systèmes de stockage en hauteur sont conçus pour maximiser la capacité de stockage. Cela permet de réduire la surface occupée par les plaques de carton ondulé et d'optimiser l'agencement global de l'entrepôt.
- 2 - Accès rapide et efficace : Les systèmes de stockage automatisés permettent un accès rapide et efficace aux plaques de carton ondulé. Les équipements automatisés peuvent déplacer les charges rapidement et avec précision vers les points de prélèvement, réduisant ainsi les temps d'attente et les déplacements inutiles. Cela améliore la productivité des opérations de prélèvement et réduit les temps d'arrêt des machines lors du processus de fabrication.
- 3 - Réduction des erreurs : Avec un système de stockage automatisé, les erreurs humaines sont réduites. Les équipements automatisés suivent des procédures préprogrammées, ce qui élimine les erreurs de manipulation et les risques de dommages aux plaques de carton ondulé. De plus, les systèmes de suivi avancés permettent de vérifier l'exactitude des stocks, réduisant ainsi les erreurs de comptage et les incohérences.
- 4 - Optimisation des processus : La transition vers un système de stockage automatisé offre l'opportunité d'optimiser les processus logistiques et de production.
- 5 - Adaptabilité aux besoins changeants : Les systèmes de stockage automatisés sont évolutifs et peuvent être adaptés aux besoins changeants de l'entreprise. Ils peuvent être reconfigurés pour s'adapter à de nouvelles lignes de production, de nouveaux produits ou des volumes de stockage variables.
- 6 - Sécurité renforcée : Les machines automatisées sont conçues pour fonctionner de manière sécurisée et fiable. Cela réduit les risques d'accidents liés à la manipulation manuelle des plaques de carton ondulé et améliore les conditions de travail pour les employés

En somme, le passage d'un système de stockage aléatoire à un système de stockage automatisé dans l'entreprise de fabrication de carton ondulé apporte des avantages significatifs en termes d'efficacité, de précision, de traçabilité et d'optimisation des processus. Cela permet à l'entreprise de répondre aux exigences croissantes du marché, d'améliorer sa compétitivité et d'optimiser sa chaîne logistique dans son ensemble.

3.4 Détermination des données pour une étude de conception

Afin de planifier efficacement la conception d'une entreprise de fabrication de plaques en carton ondulé, il est essentiel de recueillir des informations concernant plusieurs aspects clés. Tout d'abord, il est important d'identifier la quantité de plaques à stocker et à déstocker sur une base périodique. Il convient également de connaître les dimensions des plaques, ainsi que la

superficie requise pour le stockage.

De plus, afin de conçu le type de système automatisé de stockage et de récupération (AS/RS) optimal et approprié, il est nécessaire de connaître le nombre de casiers requis, la profondeur nécessaire et l'emplacement de la machine de stockage et de récupération. Ces informations permettront de concevoir un système qui répondra aux besoins spécifiques de l'entreprise de fabrication de plaques en carton ondulé.

Il est donc essentiel de collecter les données suivantes pour entamer la conception adéquate :

- Le nombre de plaques à stocker et à déstocker par période.
- Les dimensions des plaques en carton ondulé.
- La superficie nécessaire pour le stockage des plaques.
- Le nombre de casiers requis.
- La profondeur nécessaire pour le stockage.
- L'emplacement optimal de la machine de stockage et de récupération (R/S).

3.4.1 Espace de stockage

La zone dédiée au stockage des plaques en carton ondulé mesure 30 mètres de long sur 20 mètres de large, avec une hauteur de 10 mètres. Cette surface offre un espace considérable pour concevoir un système de stockage efficace.

3.4.2 Dimension des palettes et des casiers

- 1 - Pour le stockage des plaques en carton ondulé, l'entreprise dispose de plusieurs types de palettes 3.1. Dans le processus de conception, nous avons pris les dimensions maximales d'une de ces palettes 1,91 mètres de longueur (unit load depth) et 1,15 mètres de largeur (unit load width), 1,5 mètres de hauteur (unit load height) comme la figure représente 3.2 pour déterminer les dimensions d'un casier.

Type de palette	Dimension
 	120*100 120*80 190*110 170*110 191*81 171*81
	140*110
	115*115
	130*110

Figure 3.1: Types de palettes

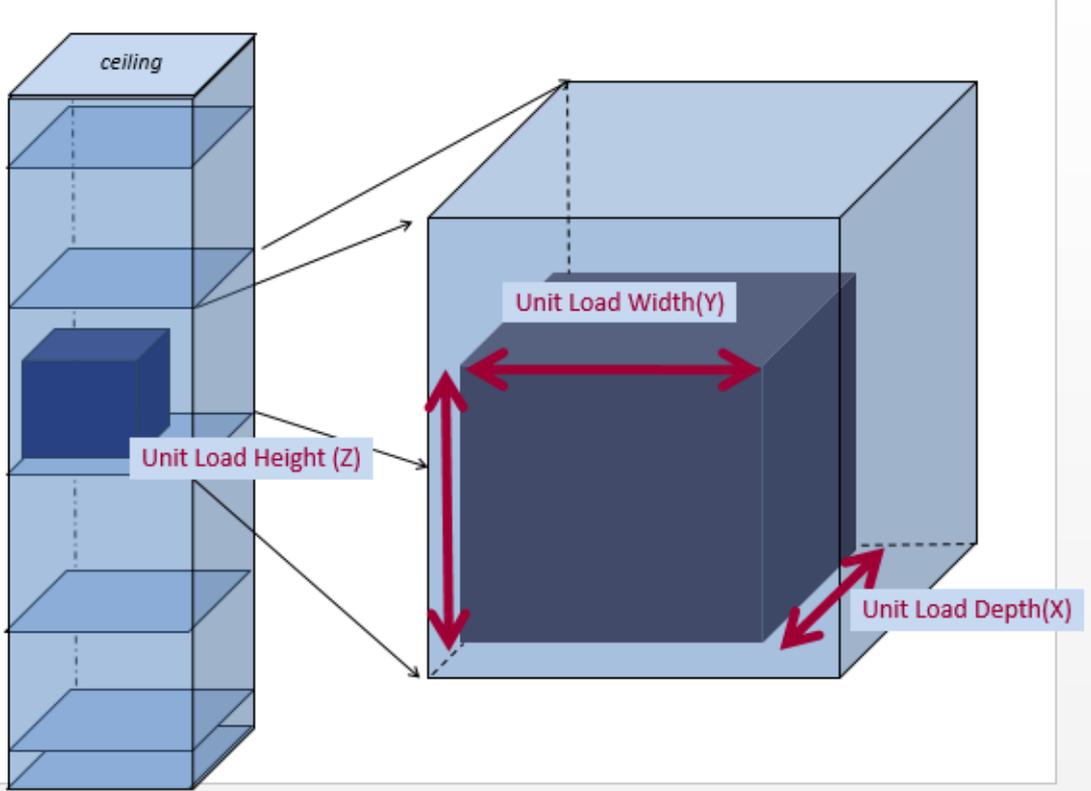


Figure 3.2: Démonstration des dimension de palette

	Longueur	Largeur	Hauteur
Palette	1,91 mètres	1,15 mètres	1,5 mètres

Table 3.1: Dimension de palette

2 - Les dimensions retenues pour le casier sont de 2.00 mètres de profondeur et 1.20 mètres de largeur, de hauteur 2.00 mètres . Cela permet de s'assurer que le casier peut accueillir efficacement la plus grande taille de palette utilisée dans l'entreprise, assurant ainsi une adaptation optimale aux différents types de plaques à stocker.

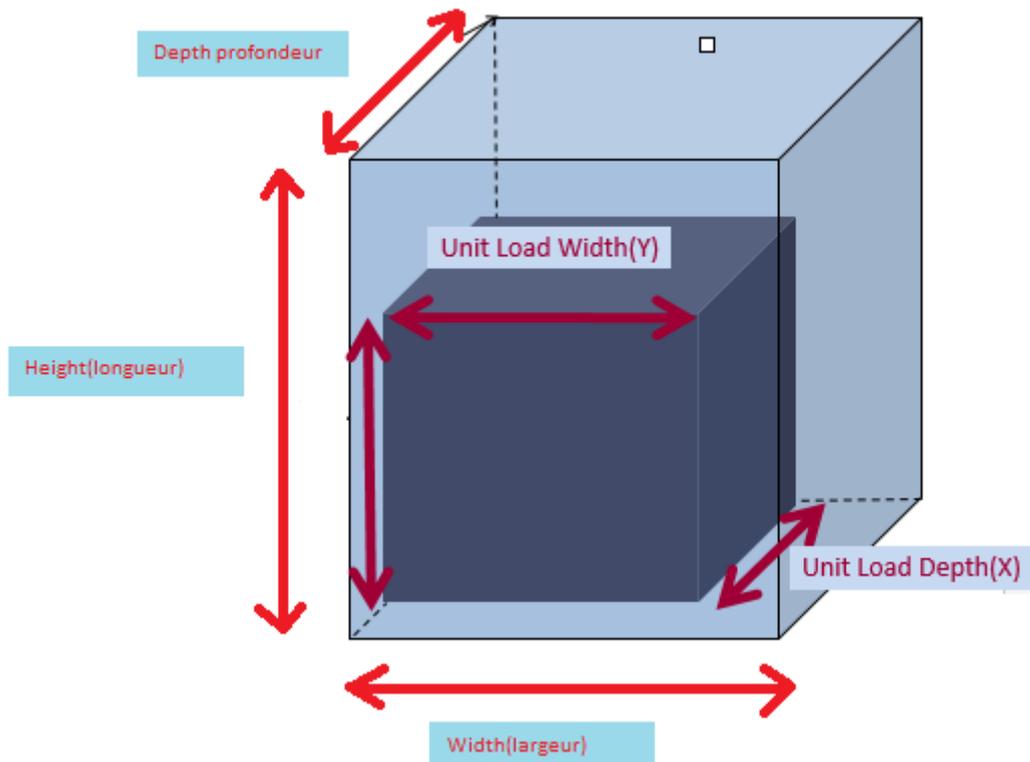


Figure 3.3: Démonstration des dimension de casier

	Longueur	Largeur	Hauteur
Casier	1,91 mètres	1,15 mètres	1,5 mètres

Table 3.2: Dimension de casier

3.4.3 Dimension des allées

Pour faciliter la circulation de la machine S/R et assurer un accès optimal aux racks de stockage, nous avons défini une largeur d'allée de 1,40 mètres en fonction des dimensions des palettes utilisées. Cette largeur permet au machine de R/S de se déplacer librement entre les rangées de racks. De plus, nous avons pris en compte l'espace vide disponible, en laissant suffisamment d'espace pour garantir une manipulation aisée des palettes et assurer la sécurité des travailleurs. L'espace vide a été déterminé en fonction des spécifications des machines de manutention utilisées. Ainsi, nous avons optimisé l'agencement du stockage des plaques en carton ondulé en tenant compte à la fois de l'efficacité opérationnelle et de la sécurité.

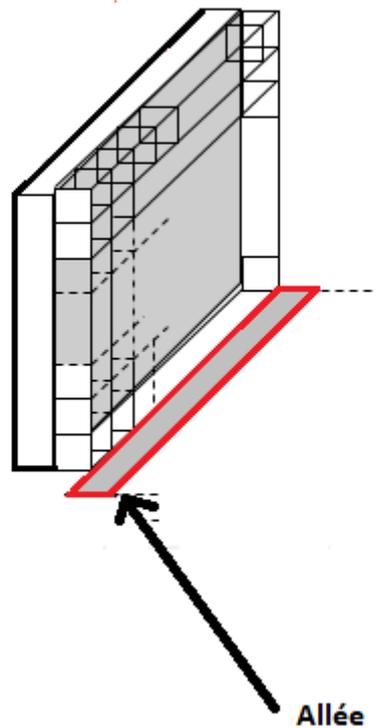


Figure 3.4: Allée de desserte

	Longueur	Largeur
Allée	14 mètres	1,4 mètres

Table 3.3: Dimension des allées de dessert

3.4.4 Dimension des rack de stockage

- 1 - Nous avons réservé un espace de 4 mètres de largeur de la zone en avant pour accueillir la station de dépôt et de livraison. Cette zone est adaptée aux dimensions des casiers utilisés

et permet d'effectuer les opérations de chargement et de déchargement des palettes de manière efficace.

- 2 - Nous avons également prévu une salle de contrôle dans cet espace, afin de superviser et de gérer les opérations de stockage et de déstockage. Cela permet d'avoir un contrôle centralisé sur le système de stockage.

De plus, une raison des rails pour le déplacement de la machine de manutention R/S (stockage et déstockage automatisés) dans la zone de stockage. Ces rails permettent à la machine de se déplacer de manière contrôlée et précise, optimisant ainsi les opérations de manutention.

- 3 - Enfin, nous avons laissé un espace de 2 mètres en largeur en arrière pour des raisons de sécurité et d'aération. Cela garantit une circulation d'air adéquate dans la zone de stockage et permet d'assurer un environnement de travail sûr pour les opérateurs.
- 4 - Nous avons obtenu un rack de profondeur de 14 mètres, et 1,2 mètres de largeur ainsi 6,5 mètres de hauteur ,en tenant compte de la hauteur libre de 0,5 mètres (distance entre le sol et la partie inférieure du rack) et de l'espace vide au plafonds 3,5 mètres (empty space).

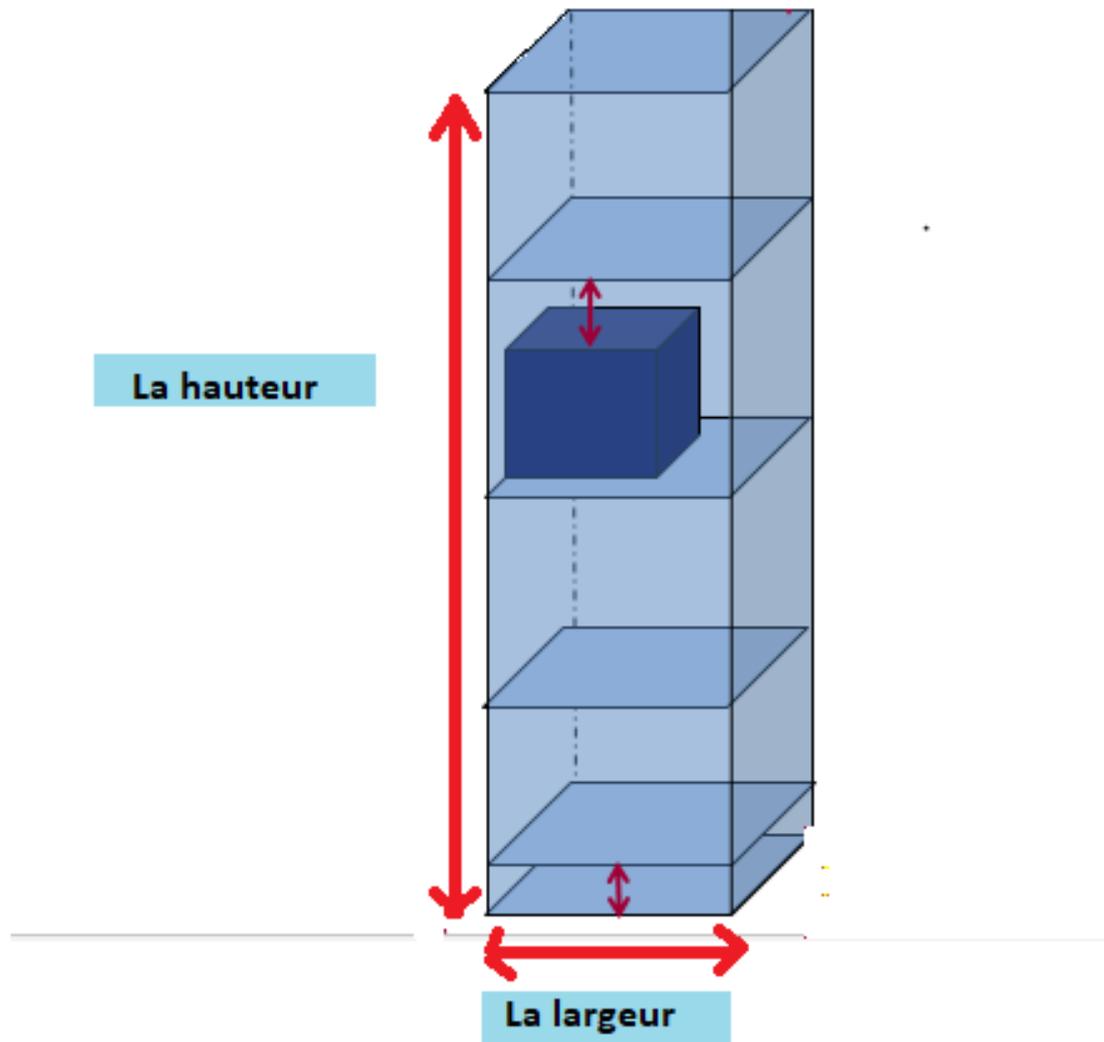


Figure 3.5: Rack de stockage

	Profondeur	Largeur	Hauteur
Rack	14 mètres	1,2 mètres	6,5 mètres

Table 3.4: Dimension rack de stockage

3.4.5 Données concernant le stocke par semaine

À partir des données présentées dans la figure 3.5 , nous avons pu calculer le nombre de palettes à stocker par semaine.

Les inputs par semaine	Les outputs par semaine
192386 plaques	182611 plaques

Table 3.5: Les inputs et les outputs par semaine

- Dans l'entreprise existe plusieurs types de plaques qui peuvent être stocker, elles se varient selon les exigences du client, il est important de noter que la quantité de plaques dans une palette se varier en fonction de la qualité du papier, la laize, la découpe, et du type de cannelure utilisé. Nous avons pris en considérations que 3 types de palettes, bien-sur ces types en fonctions des exigences de clients. La quantité des plaques dans une palettes se varient selon le type.
 - Une palette peut contenir seulement 350 plaques de type 1.
 - Une palette peut contenir seulement 700 plaques de type 2.
 - Une palette peut contenir 2100 plaques de type 3.

Après nous avons déterminer le taux de d'occupation de chaque type 3.6.

	Type 1	Type 2	Type 3
Taux d'occupation	10%	70%	%20

Table 3.6: Le taux d'occupation de chaque types de plaques

C'est important de noter que le taux d'occupation le plus grand implique dans l'entreprise que le type possède une forte rotation.

- Nous calculons ensuite chaque type combien il représente de palettes.
 - Nombre de palettes pour type 1 = 55 palettes
 - Nombre de palettes pour type 2 = 193 palettes
 - Nombre de palettes pour type 3 = 18 palettes
- Nous avons trouvé un total de 266 palettes à stocker par semaine, cela correspondra également au nombre de casiers nécessaires pour stocker ces palettes. Chaque palette sera attribuée à un casier individuel, ce qui signifie que nous aurons besoin de 266 casiers pour répondre aux besoins de stockage hebdomadaire.

3.5 Mode de stockage

Nous avons choisie la stratégie de stockage par classe (ABC). La méthode de stockage par classes est une approche qui organise les positions de stockage en fonction des fréquences de demande des produits.

Cette méthode est généralement mise en œuvre en utilisant trois classes. Nous avons déterminer que:

- La classe A = le type 2 (70%) qui possède une forte rotation.
- La classe B = le type 3 (20%) qui possède une moyen rotation.
- La classe C = le type 1 (10%) qui possède une lente rotation.

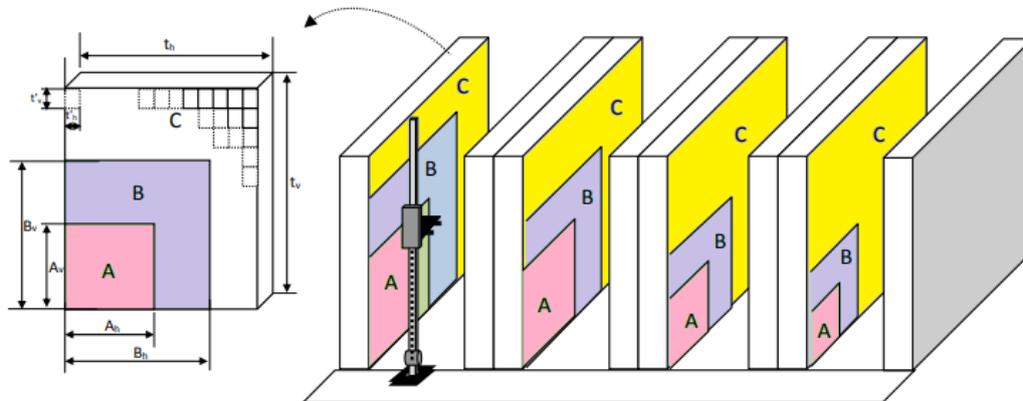


Figure 3.6: Une des possibilité de stockage par classe(ABC)

Dans cette méthode, le temps de cycle moyen de la machine S/R (Stockage/Récupération) joue un rôle crucial. Il est utilisé comme paramètre pour optimiser la conception des nouveaux systèmes, notamment pour le dimensionnement des classes .

Pour déterminer l'emplacement optimal de la machine S/R (Stockage/Récupération) dans un système de stockage et de déstockage multi-allées, nous devons calculer le temps de cycle pour deux cas : la machine S/R à l'extrémité et la machine S/R au milieu.

Pour cela, nous pouvons utiliser les formules déjà développées spécifiquement pour les systèmes de stockage et de déstockage multi-allées. Ces formules tiennent compte de différents paramètres tels que la distance de déplacement, la vitesse de déplacement de la machine S/R, le temps de chargement/déchargement, etc.

En calculant le temps de cycle pour ces deux configurations, nous pourrons déterminer quelle option offre le temps de cycle le plus court. La configuration avec le temps de

cycle le plus court serait considérée comme l'emplacement adéquat pour la machine S/R dans le système de stockage et de déstockage multi-allées.

Nous allons calculer le temps de cycle pour deux cas, machine S/R à l'extrémité et au milieu pour pouvoir connaître l'emplacement adéquat pour la machine S/R en se basant sur des formules déjà développé pour le système de stockage et déstockage multi allée.

1 - Temps de simple cycle dans le cas ou la machine R/S à l'extrémité:

Nous avons utilisé les formules mathématiques déjà développer par **SARI** et **OUHOUD** pour le système de stockage multi-allée.[1]

Dans le simple cycle, la machine se déplace depuis le point de dépôt/livraison jusqu'au casier de stockage/déstockage, elle dépose ou récupère le produit et revient au point de dépôt/livraison.

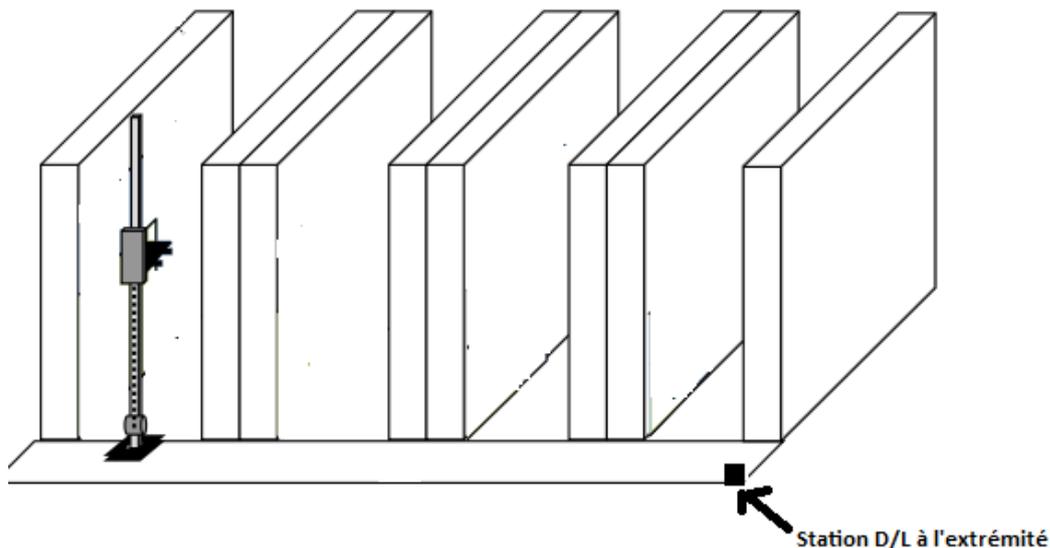


Figure 3.7: Station dépôt livraison à l'extrémité

Nous allons calculé le temps moyen de simple cycle réaliser par la machine S/R dans une politique de stockage par classe avec l'approche mathématique de **SARI** et **ouhoud,2015**

Après avoir calculé nous avons obtenu un temps de cycle simple de 24,725 unité de temps.

2 - Temps de simple cycle dans le cas ou la machine R/S au milieu des allées

Pour réduire le temps de cycle moyen dans un système de stockage et de déstockage multi-allées, une possibilité consiste à positionner la machine S/R au milieu des allées, en face de la quatrième allée de desserte c'est à dire le point de repos de la machine S/R à cote de la station D/L.

En plaçant la machine S/R de cette manière, on peut réduire les distances de déplacement nécessaires pour accéder aux différentes allées, ce qui permet de

diminuer le temps de cycle. En effet, les allées adjacentes à la machine S/R sont plus facilement accessibles, ce qui réduit les temps de déplacement.

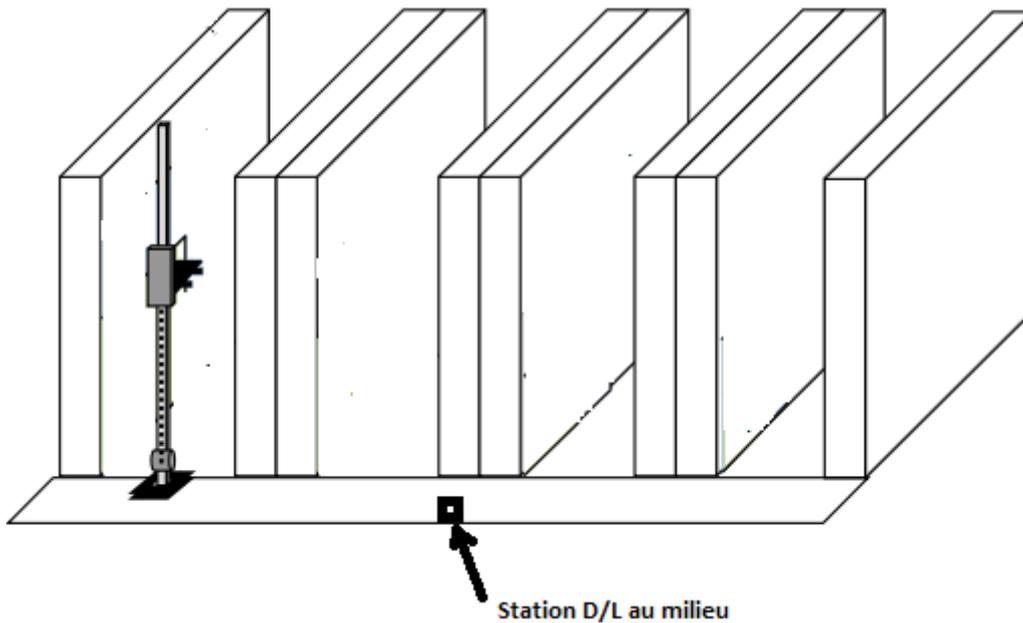


Figure 3.8: Station D/L au milieu

En utilisant ce positionnement stratégique, nous calculons le temps de simple cycle moyen avec les algorithmes mathématiques développés par **SARI** et **OUHOUD**. Après calcul nous avons obtenu un temps de simple cycle de 18,784 unité de temps.

Notre étude de conception a révélé une observation intéressante en ce qui concerne les temps de cycle dans notre système automatisé de stockage et déstockage. Nous avons constaté que le temps de cycle était plus court lorsque la station de dépôt-livraison était positionnée au milieu des racks par rapport à son emplacement à l'extrémité.

Cela nous a permis de déterminer quelle configuration offre le temps de cycle le plus court et donc l'emplacement optimal pour la machine S/R dans le système de stockage et de déstockage multi-allées.

Cette constatation met en évidence l'importance de l'emplacement stratégique de la station de dépôt-livraison pour optimiser l'efficacité du système. En plaçant la station au milieu des racks, le déplacement de la machine S/R est réduit, ce qui entraîne une diminution significative de temps de cycle. Cette réduction de temps de cycle se traduit par une manipulation plus rapide des plaques de carton ondulé, permettant ainsi de réduire les délais d'exécution des commandes et d'améliorer la productivité globale de l'entreprise.

Sur la base de ces résultats, il est recommandé de prendre en considération cette observation lors de la conception du système automatisé de stockage et déstockage. En planifiant l'emplacement de la station de dépôt-livraison de

manière à la positionner au milieu des racks, nous pourrions maximiser l'efficacité opérationnelle et réduire les temps de cycle, ce qui se traduira par une amélioration significative des performances de notre entreprise de fabrication d'emballage en carton ondulé.

3.6 Configuration d'un AS/RS multi allée

Nous avons conçu un système de stockage comprenant 14 racks de stockage avec 3 étagères, 7 allées de dessert et un total de 294 casiers pour les plaques en carton ondulé. Le système est configuré dans une surface de 26,7 mètres de longueur et 14 mètres de largeur, 6,5 mètres de hauteur. Avec un espace de 3,3 mètres de largeur, 20 mètres de longueur vide prévu pour répondre aux besoins futurs, tels que des variations de stock ou des changements dans les opérations de l'entreprise. L'espace vide laissé offre une flexibilité pour adapter le système de stockage en fonction des exigences évolutives de l'entreprise.

Dans le but de réduire les coûts d'investissement, nous avons décidé d'implémenter une seule machine de déstockage/stockage (R/S), capable qui peut se déplacer simultanément dans des directions verticales et horizontales. Ce mouvement est appelé déplacement de Tchebychev

	Longueur	Largeur	Hauteur	Nombre
Palette	1,91m	1,15m	1,5m	294
Casier	2m	1,2m	2m	294
Allée de dessert	14m	1,4m		7
Rack de stockage	14m	1,2m	6,5m	14

Table 3.7: Les données de dimensions

Dans la figure 3.7 nous avons rassemblé toutes les informations essentielles pour la conception d'un système de stockage et de déstockage optimal.

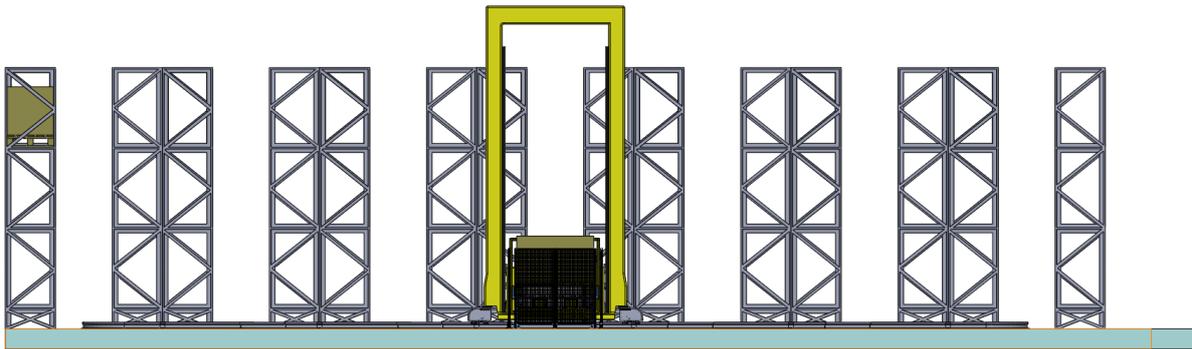


Figure 3.9: Conception obtenue d'un AS/RS multi-allée

La figure 3.9 représente une vue de la configuration d'un AS/RS multi-allée que nous avons obtenue .

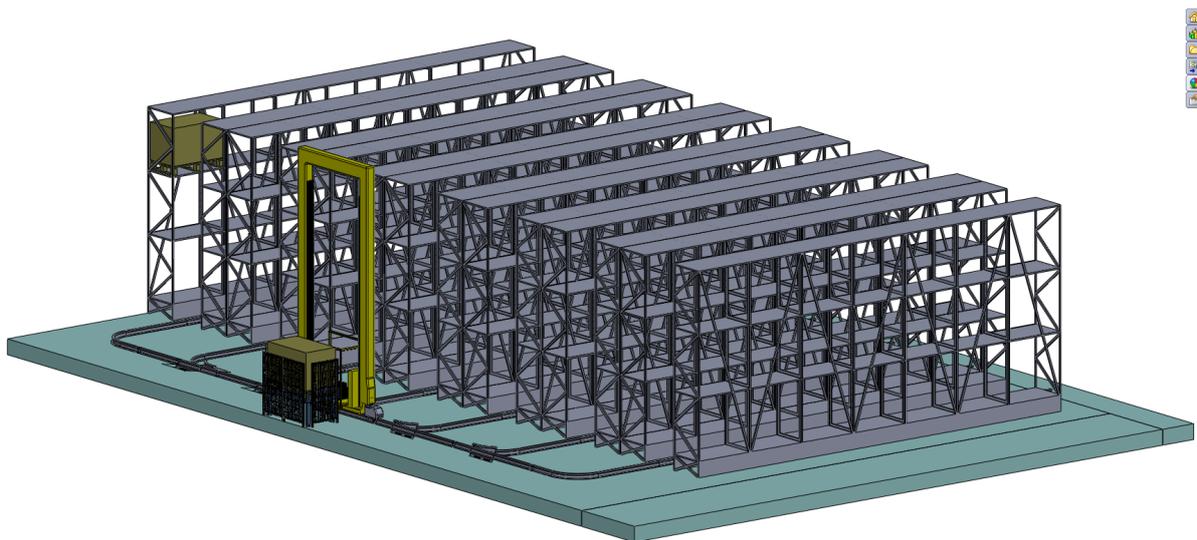


Figure 3.10: La vue de côté de l'AS/RS multi allée obtenue

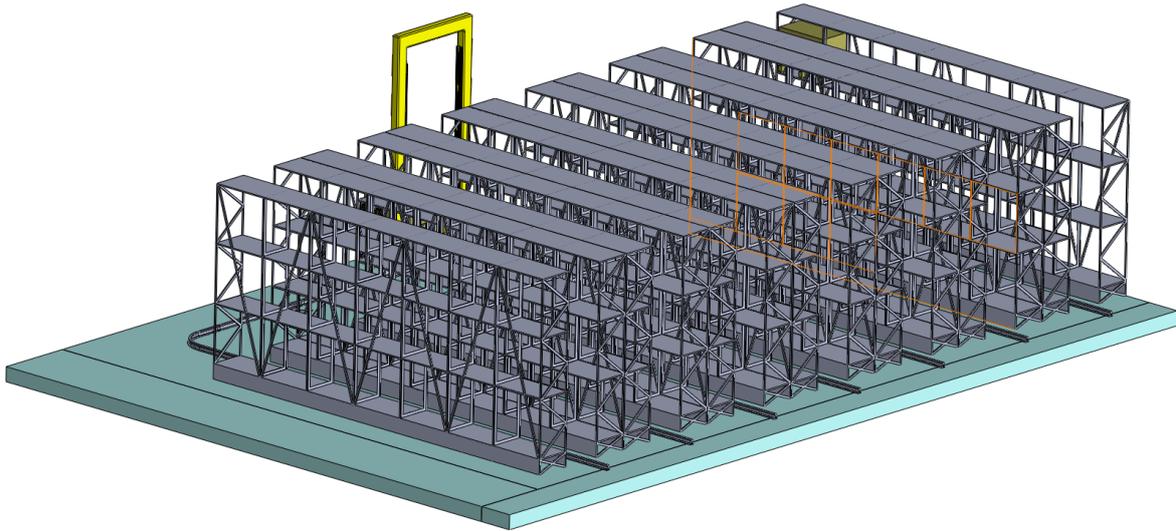


Figure 3.11: La vue générale de l'AS/RS multi-allée en arrière

En analysant le nombre de casiers trouvés avec le nombre de palettes stockées en une semaine, nous avons constaté que le stock disponible en cette période couvre 90% des casiers, laissant ainsi 10% des casiers vides.



Figure 3.12: Taux de casiers vides et pleins

En partageant les résultats de notre étude de conception, qui démontre que la mise en place d'un système automatisé de stockage et déstockage peut grandement améliorer l'utilisation de l'espace dans notre entreprise de fabrication d'emballage en carton ondulé. En analysant le nombre de palettes stockées par semaine et le nombre de casiers disponibles, nous avons constaté que 90% des racks sont couverts, ce qui indique une utilisation efficace de l'espace de stockage.

3.7 Conclusion

Dans le dernier chapitre de notre étude, nous avons réalisé une conception d'un système de stockage et déstockage automatisé dans un espace de stockage spécifique. Notre objectif était de trouver la configuration multi-allée optimale qui répondrait aux besoins spécifiques de notre entreprise de fabrication d'emballage en carton ondulé.

Les résultats obtenus ont été extrêmement prometteurs. Nous avons identifié une configuration qui permet une utilisation efficace de l'espace de stockage, en maximisant la capacité de stockage des plaques de carton ondulé tout en minimisant les zones vides ou sous-utilisées. Cela nous permettra de mieux gérer notre inventaire et d'optimiser notre espace limité.

En outre, nous avons également accordé une attention particulière à la sécurité. En intégrant des dispositifs de sécurité et des protocoles appropriés, nous avons veillé à ce que la manipulation des plaques de carton ondulé se fasse de manière sécurisée et sans risques d'accidents. La sécurité des employés et la préservation de l'intégrité des produits sont des priorités essentielles dans notre conception. En conclusion, notre étude de conception d'un système automatisé de stockage et déstockage a abouti à une configuration optimale qui améliorera significativement notre efficacité opérationnelle, notre gestion de l'espace et notre sécurité.

Conclusion générale

Notre étude a démontré les avantages significatifs du passage des entrepôts traditionnels aux entrepôts automatisés dans le domaine de la fabrication d'emballage en carton ondulé. L'automatisation offre des possibilités d'amélioration considérables en termes d'efficacité opérationnelle, de gestion de l'espace et de sécurité des opérations.

L'évolution des entrepôts traditionnels vers des entrepôts automatisés permet une utilisation plus efficace de l'espace de stockage disponible. Grâce à une planification avancée et à l'optimisation des configurations, nous avons pu maximiser la capacité de stockage des plaques de carton ondulé, réduisant ainsi les coûts liés à l'expansion physique de l'entrepôt. Cette transition vers un espace de stockage optimisé a un impact direct sur la rentabilité de notre entreprise.

De plus, notre conception spécifique à notre espace de stockage bien précis a permis d'identifier une configuration optimale basée sur une méthode de stockage par classe. En analysant les besoins spécifiques de notre entreprise et en utilisant des techniques de planification avancées, nous avons pu concevoir un système automatisé qui répond précisément à nos exigences. Cette approche basée sur la méthode de stockage par classe nous permet d'organiser les plaques de carton ondulé en fonction de leurs caractéristiques et de leur demande, ce qui facilite l'accès et le déstockage efficace des produits.

En outre, notre étude a souligné l'importance de la sécurité dans la conception d'un entrepôt automatisé. En mettant en place des dispositifs de sécurité et des protocoles appropriés, nous avons veillé à ce que les opérations de stockage et déstockage soient effectuées de manière sûre et sans risques d'accidents. Cela contribue à garantir la sécurité des employés et la préservation de l'intégrité des produits.

En somme, notre étude démontre que le passage des entrepôts traditionnels aux entrepôts automatisés, en utilisant une méthode de stockage par classe, offre des avantages significatifs en termes d'efficacité opérationnelle, de gestion de l'espace et de sécurité. En mettant en œuvre les recommandations de notre étude de conception, nous serons en mesure de maximiser notre efficacité, d'optimiser nos ressources et de renforcer notre compétitivité sur le marché de la fabrication d'emballage en carton ondulé.

Les perspectives de notre conception offrent des opportunités passionnantes pour l'avenir de notre entreprise de fabrication d'emballage en carton ondulé. Deux aspects importants que nous envisageons de développer sont la mise en place d'un système de gestion d'entrepôt (WMS - Warehouse Management System).

Ce stage pratique de fin d'études a donc été une expérience enrichissante qui nous a permis d'approfondir nos connaissances, d'acquérir de nouvelles compétences et de mieux appréhender le fonctionnement de l'industrie. Il a également été l'occasion de faire le lien entre la théorie et la pratique, préparant ainsi notre transition vers la vie professionnelle après nos études.

Bibliographie

- [1] **OUHOUD, 2015**, A.OUHOUD, 2015 «Pilotage d'un système automatisé de stockage/déstockage»Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, Algérie.
- [2] **Jean-Philippe Gagliardi, 2012**, Jean-Philippe Gagliardi«gestion des systemes automatisés d'entrepotage simulation,optimisation,résultat empirique»Thèse de Doctorat, Faculté des sciences de l'administration, Université LAVAL de Québec, CANADA.
- [3] **GUEZZEN, 2014**, Amine Hakim Guezzen« Modélisation du temps de cycle d'un système de stockage automatisé multi allées et à rack glissants»Thèse Doctorat en productique,Université de Tlemcen,Algérie.
- [4] Temesist.systeme automatisés de stockage et de recuperation.SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE STOCKAGE ET DE RÉCUPERATIONS AS/RS — TEMESIST DEPO VE RAF SISTEMLERİ (temesist.com) .
- [5] Vitalvalt. Rotomats use verticalspace delivering product to an ergonomic height setting. Rotomat Industrial Vertical Carousel System - Vital Valt.
- [6] **Hausman et al. 1976**, Hausman et al. 1976 Hausman, W.H., Schwarz, L.B., and Graves, S.C. 1976 «Optimal storage assignment in automatic warehousing systems» Management Science 22(6), 629-638.
- [7] **OUHOUD, 2015**, A.OUHOUD, 2015 «Pilotage d'un système automatisé de stockage/déstockage»Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, Algérie.
- [8] **SARI, Z.2003**,Sari Z.2003 «Modélisation, Analyse et Evaluation des Performances d'un AS/RS à Convoyeur Gravitationnel» Thèse de Doctorat d'état, Université de Tlemcen, Algérie.
- [9] **Blanchard, D. (2016)**.Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse. John Wiley Sons.
- [10] **Metahri, D. 2019**Contribution à L'évaluation Des Performances D'un Flow-rack As/rs à Chute Libre (PhD Thesis). Université Mohamed Ben Ahmed - Oran 2.
- [11] **Fandi Wahiba,2023**, Analyse de fonctionnement de systèmes automatisés de stockage/ déstockage (AS/RS) en se basant sur des techniques d'intelligence artificielle.
- [12] **Fergane amina, Mohammed-Riad Benbekhti** , l'affectation de produits aux casiers d'un AS/RS dans le but de minimiser le temps global d'utilisation de la machine S/R.

- [13] **BENMANSOUR Malek Manel, BELLIFA Mouncif Anes,2021**, Commande et émulation via le logiciel CIROS d'un AS/RS 100 de FESTO DIDACTIC ICIM.
- [14] **Amine Hakim GUEZZEN**, Modélisation du temps de cycle d'un système automatisé de stockage/déstockage (AS/RS) multi-allées et à racks glissants.
- [15] **Kouloughli, S. (2014).**, Optimisation de systèmes automatisés de stockage/déstockage multi-allées et à racks glissants (PhD Thesis). Doctoral dissertation.
- [16] **Warehouse Logistics news**, (2019, 29 Novembre).10 Years of the SSI Schaefer Miniload Crane — Warehouse Logistics News (warehousenews.co.uk).
- [17] **KHENNANE Aboubakr Esseddik, BOUKHRIS Khireddine**, Application de la méthode ABC sur un système de stockage.

Webography

- [1] Industrie-4-0-comment-la-production-s'est-elle-réinventée-au-fil-des-années:
<https://www.silkhom.com/industrie-4-0-comment-la-production-sest-elle-reinventee-au-fil-des-annees/>
- [2] Les avantages et les inconvénients des AS/RS:
<https://www.clicours.com/introduction-aux-as-rs/>
- [3] Maghreb emballage: <http://www.maghrebemballage.com/fr/accueil/>
- [4] Vue générale de système automatisé de stockage et déstockage:
<https://ke.qq.com/course/386521>

Résumé

Dans notre mémoire de fin d'études, nous avons fait une étude de conception à un système automatisé de stockage et de déstockage multi-allée pour les plaques en carton ondulé. En se basant sur les données d'entrées et de sorties hebdomadaires et plusieurs critères, nous avons optimisé l'espace disponible et amélioré l'efficacité opérationnelle, tout en minimisant le temps de cycle moyen. Notre configuration d'AS/RS a permis une utilisation plus efficace de l'espace. Cette étude démontre l'importance d'une planification précise et d'une conception adaptée pour maximiser l'efficacité et l'optimisation des systèmes de stockage automatisés.

Mots clés: AS/RS multi allée, Rack, Allée de desserte, Casier, Conception, Stockage/Déstockage, Machine S/R

Abstract

In our final thesis, we conducted a design study on a multi-aisle automated storage and retrieval system (AS/RS) for corrugated cardboard plates. Based on weekly input and output data and various criteria, we optimized the available space and improved operational efficiency while minimizing the average cycle time. Our AS/RS configuration allowed for a more efficient utilization of space. This study demonstrates the significance of accurate planning and tailored design to maximize efficiency and optimization in automated storage systems.

Key words: AS/RS Multi-aisles, Retrieval aisle, Rack, Compartment/Bin, Design, Storage/Retrieval, S/R Machine.

ملخص

يدور موضوع أطروحة التخرج حول دراسة تصميم لنظام تخزين واسترجاع آلي متعدد الممرات لألواح الكرتون. استنادًا إلى بيانات الإدخال والإخراج الأسبوعية والعديد من المعايير ، قمنا بتحسين المساحة المتاحة وتحسين الكفاءة التشغيلية ، مع تقليل متوسط الوقت . سمح تكوين AS/RS الخاص بنا باستخدام أكثر كفاءة للمساحة ، مما يقلل من تكاليف التوسيع المحتملة. توضع هذه الدراسة أهمية التخطيط الدقيق والتصميم المناسب لزيادة كفاءة وتحسين أنظمة التخزين الأوتوماتيكية.

الكلمات المفتاحية: أنظمة التخزين ، المعايير ، أوتوماتيكي