

E.N.S.T

المدسة الوطنية العليا للتكنولوجيا
Ecole Nationale Supérieure de Technologie

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدسة الوطنية العليا للتكنولوجيا
Ecole Nationale Supérieure de Technologie
Département : Génie Logistique Et Transport

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
D'INGÉNIEUR d'ÉTAT

-Filière-

INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

-Spécialité-

INGÉNIERIE DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE

- Thème -

**Conception d'un nouvel entrepôt performant
chez UPS : 3PL**
Cas : UPS Algérie.

-Réalisé par-

KELLOUCHE Tinehinane & SAHNOUN Mohamed.

Les membres de Jury :

Mr ANNAD Oussama	Président
Mr BOUZID M.Charif	Promoteur
Mme SELLIDJ Wassila	Examinatrice
Mr BOUGHALEB Sadek El Amine	Examinateur

Alger, le 06/07/2023

Année universitaire 2022–2023

Dedication

“

I dedicate this work first to my parents who raised me and were always there to support me unconditionally.

I also dedicate this work to everyone who believed in me, encouraged me and helped me throughout this past year.

”

Mohamed

Dédicace

“

Je dédie ce travail à ma chère maman. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour inconditionnel, le respect et la gratitude que j'ai envers elle. Elle est une super maman, et je suis extrêmement reconnaissante pour tout ce qu'elle a fait et continue de faire pour moi..

A mon cher père, qui a toujours été à mes côtés pour m'encourager et m'apprendre le sens de la rigueur et de la minutie. Son soutien constant et son exemple de travail acharné ont été une source d'inspiration pour moi.

A mes chères sœurs, qui, malgré leur jeune âge, ont toujours essayé de m'apporter leur soutien et leurs conseils innocents. Leur présence et leur affection ont été d'une grande importance pour moi.

A la mémoire de ma chère grand-mère. Bien qu'elle nous ait quittés, ses conseils et ses valeurs continueront d'illuminer mon chemin. Que Dieu l'accueille dans son vaste paradis..

A toute ma grande famille, et spécialement à mes cousines.

A ma chère amie d'enfance et âme sœur, Soraya, ainsi qu'à mes amis Amayas, Ferial, Mounira, Reem et Sara..

A toutes les personnes qui ont contribué à ma formation et à ma construction en tant qu'individu. Merci pour les roses et merci pour les épines.

”

TINEHINANE

Remerciements

En premier lieu, nous remercions le bon Dieu, le Tout-Puissant, de nous avoir donné la force, le courage et la bonne santé afin d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadrant Mr BOUZID M.cherif pour sa patience, son engagement et ses précieux conseils qui nous ont permis de mener à terme ce travail. Nous lui exprimons notre profond respect et notre gratitude sincère.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers l'ensemble du personnel d'UPS qui nous a accueillis et orientés tout au long de notre travail. Nous adressons nos remerciements particuliers à Monsieur Mr KOUACHE Taki Edidine et aux membres de l'équipe DATA qui n'ont pas hésité à nous apporter leur soutien. Leur contribution a été essentielle pour la réussite de notre projet.

Nous tenons à exprimer notre profond respect et notre immense gratitude à l'ensemble de l'équipe pédagogique du département Génie Logistique et Transport. Nous sommes reconnaissants de leur engagement envers notre formation et de leur contribution à notre développement académique et professionnel.

Enfin, nous présentons nos remerciements aux membres du jury qui nous font l'honneur d'évaluer notre travail.

Table des matières

Dedication	
Dédicace	
Remerciements	
Table des figures	II
Liste des tableaux	III
Introduction générale	1
1 Etude de l'existant	3
1.1 Introduction	4
1.2 Présentation de l'entreprise :	4
1.2.1 Les opérations de messagerie	4
1.2.2 Les services de prestation logistique	5
1.3 Historique	5
1.4 Offres et services d'UPS	7
1.4.1 Services de messagerie	8
1.4.2 Services logistiques	8
1.4.3 Services de fret aérien et maritime :	9
1.4.4 Services spécialisés	12
1.5 La technologie et UPS	12
1.5.1 Les technologies internes	12
1.5.2 Les technologies orientées clients	12
1.5.3 Les concurrents d'UPS	12
1.6 UPS Algerie	13
1.6.1 Les services d'UPS CONEXLOG	13
1.6.2 Le service 3PL (Third-Party Logistics) d'UPS CONEXLOG	14
1.7 Problématique	16
1.8 Conclusion	17
2 Aménagement et gestion d'un entrepôt	18
2.1 Introduction	19
2.2 La chaîne logistique et l'entreposage	19
2.2.1 La chaîne logistique	19
2.2.2 Le stock	20
2.2.3 Les Types et objectifs de stocks	20

2.2.4	Les coûts que génère un stock	20
2.2.5	L'entrepôt	21
2.2.6	La conception d'un entrepot	22
2.2.7	Le dimensionnement de la zone de stockage	23
2.2.8	La prestation logistique	26
2.2.9	La performance d'un entrepot	26
2.2.10	L'optimisation d'un entrepot	27
2.3	Layout design	27
2.4	Problème d'affectation des produits en stock	28
2.4.1	La recherche operationelle(RO)	29
2.4.2	L'analyse multicritères	31
2.4.3	Méthodes de résolution du SLAP	33
2.5	Order picking	36
2.5.1	L'optimisation de l'opération de préparation de commande	36
2.5.2	Les politiques de routage	37
2.6	Conclusion	38
3	Méthodologie de résolution	39
3.1	Introduction	40
3.2	Formulation du problème	40
3.3	Hypothèses	41
3.4	Vue d'ensemble	42
3.5	Etapas de résolution	42
3.5.1	Calcul de besoin en stockage	43
3.5.2	Résolution du problème de Layout	43
3.5.3	Sélection d'un Layout optimisé	49
3.6	Conclusion	50
4	Implémentation et étude expérimentale	51
4.1	Introduction	52
4.2	Environnement de travail	52
4.2.1	Python	52
4.2.2	Pandas	52
4.2.3	Tkinter	52
4.2.4	L'API	53
4.3	Démarche suivie	53
4.3.1	Insertion des données	53
4.3.2	Génération des Layouts	54
4.3.3	Evaluation de chaque Layout	54
4.4	Discussion des résultats	60
4.5	Interface de l'utilisateur et fonctionnalités	62
4.6	Conclusion	66
	Conclusion générale	67
	Annexe	69

Bibliographie 80

Table des figures

1.1	Evolution du logo d'UPS.	7
1.2	Services de fret aérien UPS.	10
1.3	Services de fret maritime UPS.	11
1.4	Services de fret multimodal UPS.	11
1.5	Réseaux du service après vente Dell technologies.	15
1.6	Schéma explicatif de l'aménagement de l'entrepôt DELL chez UPS CONNEX-LOG.	16
2.1	Les étapes de la chaîne logistique et les relations entre elles.	19
2.2	Représentation d'un stock.	20
2.3	Représentation graphique du modèle de Wilson.	24
2.4	Exemples d'aménagements d'entrepôts.	28
2.5	Les classes de problème.	31
2.6	Modélisation d'un problème bi-objectif.	32
2.7	Courbe de la méthode ABC.	35
2.8	Implémentation des classes dans un entrepôt.	35
2.9	Répartition du temps de préparation de commande.	36
2.10	La fréquence d'utilisation des politiques de routing.	38
3.1	Organigramme résumant les étapes de résolution appliquées.	42
3.2	Across Aisle.	44
4.1	Excel d'entrée de données de calcul de la surface la zone de stockage	53
4.2	Sortie de l'algorithme pour le classement des produits et le calcul des probabilités.	55
4.3	Layout 1 bloc et 14 allées	55
4.4	Layout 1 bloc 20 allées.	56
4.5	Layout 1 bloc 28 allées.	56
4.6	Layout 2 blocs et 14 allées.	56
4.7	Layout 2 blocs et 20 allées	57
4.8	Layout 2 blocs et 28 allées.	57
4.9	Layout 3 blocs et 14 allées	57
4.10	Layout 3 blocs et 20 allées	58
4.11	Layout 3 blocs et 28 allées	58
4.12	Exemple du Layout obtenu en cliquant sur le bouton Layout 8	59
4.13	Résultats finaux	60
4.14	Tableau des Résultats finaux	60
4.15	Front de pareto	61
4.16	Layout 7	62
4.17	Layout 8	62

4.18	Interface principale de l'application.	63
4.19	Fenêtre secondaire qu'affiche le premier bouton.	64
4.20	Fenêtre secondaire qu'affiche le deuxième bouton.	64
4.21	Fenêtre secondaire qu'affiche le troisième bouton.	65
22	Une saisonnalité.	70
23	Une forte saisonnalité.	70

Liste des tableaux

1.1	Réalisations d'UPS en 2022 dans le domaine des services de messagerie[1] . . .	4
1.2	Réalisations d'UPS en 2022 dans le domaine des services de prestation logistique[1]	5
3.1	Ensemble résultant du produit cartésien	49
3.2	Résultats de calcul de Layout et son évaluation pour chaque combinaison . . .	49
4.1	Layouts résultants du produit cartésien	54
4.2	Affectation des produits en 3 classes	55
4.3	Probabilité d'apparition des produits dans les bons de commande.	58

Liste des abréviations

(I/O)	<i>IN AND OUT</i>
3PL	<i>Third-Party Logistics</i>
ACO	<i>La Colonie De Fourmis , en anglais : Ant Colony Optimization</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ATG	<i>Groupe des technologies avancées</i>
BPD	<i>Bonnes pratiques de distribution</i>
BPF	<i>bonnes pratiques de fabrication</i>
CPC	<i>Coûts de passation d'une commande</i>
CPS	<i>Coût de stockage</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FCL	<i>Full Container Load</i>
FSL	<i>Forward Stocking Location</i>
LCL	<i>Less than Container Load)</i>
LDC	<i>Centres de distribution locaux</i>
LTL	<i>Less than Truckload</i>
MRP	<i>Planification des besoins en matériaux, en anglais : Material Requirements Planning</i>
NOVCC	<i>Non-Vessel-Operating Common Carrier</i>
PDG	<i>Président-Directeur Général</i>
PME	<i>Petites et Moyennes Entreprises</i>
PVC	<i>Problème de Voyageur de Commerce</i>
QC	<i>La quantité économique</i>
RDC	<i>Centres de distribution régionaux</i>

SEE *Système d'exécution d'entrepôt*

SS *Stock de sécurité*

UPS *United Parcel Service*

USPS *United States Postal Service*

Introduction générale

La logistique joue un rôle essentiel dans le développement et le bon fonctionnement de l'industrie. En gérant efficacement les flux de matières premières, de produits semi-finis et de produits finis, la logistique assure un équilibre optimisé entre les coûts, la qualité et les délais pour l'industrie. Avec l'avancée significative de l'industrie, les opérations logistiques sont devenues de plus en plus complexes, nécessitant une gestion pointue et l'utilisation de moyens technologiques avancés. En conséquence, de nombreuses industries rencontrent des difficultés à gérer ces aspects logistiques en interne. Pour se concentrer davantage sur leurs activités principales, telles que la production, elles ont donc opté pour la sous-traitance de leurs opérations logistiques.

La sous-traitance logistique présente de nombreux avantages pour les industries. Elle leur permet notamment de bénéficier de l'expertise et de l'expérience des prestataires logistiques spécialisés. Ces derniers possèdent les connaissances et les ressources nécessaires pour gérer de manière efficace les défis logistiques complexes. UPS, une entreprise mondiale reconnue, offre une diversité de services logistiques, y compris la sous-traitance. Cependant, le prestataire exclusif d'UPS en Algérie n'a pas été en mesure d'assurer l'intégrité des services de prestation fournis par la société mère. Notre défi était donc de concevoir un outil capable d'aider UPS Algérie à fournir des services de prestation en s'adaptant aux spécificités du marché algérien et de sélectionner les clients auxquels elle est en mesure de satisfaire leurs besoins.

Pour résoudre cette problématique, nous avons développé un outil d'aide à la décision qui génère un plan d'aménagement optimisé et assure une gestion efficace de l'entrepôt, en tenant compte des besoins de chaque client. Pour parvenir à un aménagement optimisé, nous avons dû aborder trois problèmes interdépendants : le problème de Layout design, le problème d'allocation des produits en stock (Storage Location Assignment Problem) et le problème de préparation des commandes (Order picking Problem). Les problèmes mentionnés précédemment seront résolus en utilisant des approches de recherche opérationnelle.

Ce rapport présentera en détail toutes les étapes et aspects de la démarche suivie. Il sera divisé en quatre parties principales, à savoir :

Chapitre 1 : Étude de l'existant, où nous avons présenté notre terrain de stage UPS Algérie et défini la problématique rencontrée.

Chapitre 2 : Aménagement et gestion optimisée d'un entrepôt, dans ce chapitre nous avons défini le concept théorique de notre étude, ainsi que les outils utilisés dans le projet.

Chapitre 3 : Méthodologie, dans ce chapitre, nous avons justifié et expliqué la méthodologie que nous avons suivie pour résoudre la problématique identifiée. Nous avons présenté en détail les différentes étapes des algorithmes et approches que nous avons adoptées pour parvenir à une

solution optimisée.

Chapitre 4 : Implémentation et étude expérimentale, ce chapitre présente les résultats de notre démarche, en mettant en évidence les étapes d'implémentation et les résultats obtenus. Nous avons commencé par décrire en détail notre logiciel développé pour résoudre la problématique logistique d'UPS Algérie. Ensuite, nous avons fourni un aperçu complet de l'interface utilisateur de notre logiciel, en expliquant les différentes fonctionnalités et les options disponibles.

Enfin, nous résumons en conclusion l'ensemble de notre démarche et les résultats obtenus suivis par des perspectives pour de futurs travaux.

Chapitre 1

Etude de l'existant

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons une vue d'ensemble de l'entreprise UPS, en abordant son histoire, ses offres et services, ses valeurs et ses concurrents. Ensuite, nous nous penchons sur son prestataire exclusif en Algérie, UPS CONNEXLOG, et nous examinons les services qu'il propose dans le pays. Enfin, nous abordons la problématique identifiée que nous souhaitons étudier dans le cadre de notre projet.

1.2 Présentation de l'entreprise :

UPS (United Parcel Service), est une entreprise américaine internationale spécialisée dans le transport de courrier et de colis postaux. C'est la première entreprise mondiale de messagerie. UPS est également surnommée la "Big Brown" en raison de la couleur brune de l'uniforme de ses employés, symbolisant l'élégance et le professionnalisme. Cette entreprise a été fondée en 1907 à Seattle, Washington, aux États-Unis, sous le nom de Merchants Parcel Delivery. « CUSTOMER FIRST, PEOPLE LEAD, INNOVATION DRIVEN » est le slogan qui guide tous les employés de cette entreprise. Voici un aperçu de ses chiffres réalisés en 2022 :

1.2.1 Les opérations de messagerie

Catégorie	Valeur
Chiffre d'affaires	83,9 milliards de dollars
Volume journalier moyen	24,3 millions de colis et documents
Zone de service	Plus de 220 pays et territoires
Clients et destinataires	Environ 1,6 million de clients expéditeurs et 11,1 millions de destinataires de livraison par jour
Demandes de suivi en ligne	743,5 millions par jour
Accès au réseaux	197 000 points d'entrée au réseau, y compris les centres clients UPS, The UPS Store, Emplacements des boîtes de dépôt UPS et des points d'accès UPS
Installations en exploitation	Plus de 1 800 installations louées et détenues
Flotte de livraison	Environ 125 000 voitures, camionnettes, tracteurs et motos, y compris plus de 15 000 véhicules à carburant alternatif et à technologie de pointe
Avions à réaction UPS	291 en propriété et en crédit-bail, 295 contrats de location simple et charters
Segments de vols quotidiens	plus de 1 200 Intérieurs ; près de 800 International
Aéroports desservis	environ 375 Au niveau national ; près de 350 International

TABLE 1.1 – Réalisations d'UPS en 2022 dans le domaine des services de messagerie[1]

1.2.2 Les services de prestation logistique

Catégorie	Valeur
Chiffre d'affaires	16,4 milliards de dollars
Zones de service	Plus de 200 pays et territoires
Installations d'exploitation	Plus de 600 installations louées et détenues.
UPS Healthcare	Les opérations de soins de santé disposent de plus de 17 millions de pieds carrés d'espace de distribution de soins de santé conforme aux bonnes pratiques de fabrication (BPF) et aux bonnes pratiques de distribution (BPD) pour répondre aux demandes complexes des industries pharmaceutiques, des dispositifs médicaux et des diagnostics de laboratoire dans plus de 30 pays. Les services proposés comprennent la visibilité UPS Premier, la gestion des stocks, l'emballage et l'expédition sous chaîne du froid, le stockage et le traitement des dispositifs médicaux, ainsi que la logistique des laboratoires et des essais cliniques.

TABLE 1.2 – Réalisations d'UPS en 2022 dans le domaine des services de prestation logistique[1]

1.3 Historique

En 1907, deux jeunes entrepreneurs pleins d'ambition donnent naissance à ce qui deviendra l'une des sociétés de livraison de colis les plus importantes au monde. Avec un prêt de 100\$ et en utilisant un modeste sous-sol à Seattle, Claude Ryan et Jim Casey fondent l'American Messenger Company.

En 1919, l'entreprise franchit une étape importante en réalisant sa première expansion en dehors de Seattle, en établissant un centre d'activités à Oakland, en Californie. C'est à ce moment-là qu'elle adopte le nom de United Parcel Service. La même année, la société décide de peindre ses véhicules de livraison en brun, choisissant cette couleur pour symboliser le prestige, le raffinement et le professionnalisme.

UPS étend ses activités pour la première fois sur la côte Est en s'implantant dans la région métropolitaine de New York et en transférant son siège de Los Angeles au 331 East 38th Street à New York.

En 1953, UPS a inauguré son service de transporteur public, étendant ainsi ses services aux expéditeurs commerciaux et résidentiels dans certaines villes, dont Chicago. C'était la première fois que UPS offrait ce service en dehors de la Californie. Parallèlement, la société a relancé son service aérien, qui avait déjà été introduit en 1929, offrant une livraison en deux jours aux

principales villes des côtes est et ouest. Comme lors de sa première tentative, les envois d'UPS étaient chargés à bord de vols commerciaux réguliers.

En 1975, UPS réalise un exploit en devenant la première entreprise de messagerie à desservir toutes les adresses des États continentaux des États-Unis. Cette expansion majeure des zones couvertes est désignée chez UPS sous le nom de « Golden Link ». La même année, UPS s'établit à l'étranger pour la première fois en ouvrant un centre à Toronto, au Canada.

En 1985, le service UPS Next Day Air devient le premier réseau de livraison aérienne à couvrir toutes les adresses des 48 États continentaux des États-Unis, ainsi que Hawaï et Porto Rico. Cette même année, UPS lance son premier service aérien intercontinental reliant les États-Unis et l'Europe.

En 1988, après avoir obtenu l'approbation de la FAA (Federal Aviation Administration), UPS crée sa propre compagnie aérienne, marquant ainsi la naissance d'UPS Airlines.

Après une décennie de développement de sa présence en Amérique et en Europe, UPS élargit ses services pour la première fois au Moyen-Orient, en Afrique et dans la région du Pacifique en 1989.

Aujourd'hui, UPS est présente dans plus de 220 pays et territoires à travers le monde, consolidant sa position en tant qu'acteur mondial de premier plan dans le secteur de la logistique et de la livraison.

En 1994, UPS transfère son siège social à Atlanta, où l'entreprise met l'accent sur l'efficacité énergétique dans la construction de ses installations et met en place un programme étendu de protection et de remplacement des arbres. L'entreprise occupe toujours son siège social situé au 55 Glenlake Parkway. La même année, UPS lance son site web UPS.com, offrant ainsi aux clients un accès en ligne pratique à ses services.

Dans les années 1990, UPS redéfinit sa vision et se positionne comme un véritable facilitateur du commerce mondial. Ce changement stratégique conduit à la première introduction en bourse de l'entreprise le 10 novembre 1999.

En 2001, UPS fait son incursion dans le secteur de la vente au détail en acquérant Mail Boxes Etc., Inc., le plus grand franchiseur mondial de centres proposant des services postaux, d'expédition et d'affaires.

En l'espace de deux ans, environ 3 000 centres Mail Boxes Etc. aux États-Unis désormais sous le nom de The UPS Store et commencent à offrir les mêmes tarifs d'expédition avantageux que les services d'UPS. Au cours de la décennie, UPS a élargi son portefeuille en réalisant plusieurs acquisitions stratégiques, dont celle de Coyote Logistics, une société de courtage de fret de pointe, en 2015. Cette expansion a permis à UPS d'introduire des services de livraison terrestre et de ramassage le samedi, offrant aux expéditeurs une option de livraison le week-end pour la première fois dans l'histoire de l'entreprise.

Le 1er juin 2020, Carol B. Tomé a entamé son mandat en tant que PDG d'UPS, devenant ainsi la douzième personne à occuper ce poste en 113 ans d'histoire de l'entreprise. Elle est également la première femme à occuper cette fonction, marquant ainsi un jalon important dans l'histoire de UPS.

Les informations présentées ci-dessus ont été issues de la référence [2].

L'identité visuelle joue un rôle crucial dans le succès d'une entreprise ou d'une organisation, car elle constitue le premier point de contact entre le client et l'entreprise. UPS a accordé une grande importance à sa propre identité visuelle en la choisissant minutieusement et en l'adaptant aux besoins de chaque phase de son développement.

UPS a créé une identité visuelle distinctive et reconnaissable, en utilisant des éléments tels que son logo emblématique et la couleur brune caractéristique de ses véhicules et uniformes. Cette cohérence visuelle contribue à établir la confiance et la familiarité avec la marque.[3]

Au fil du temps, UPS a su adapter son identité visuelle pour répondre aux évolutions de l'entreprise et aux attentes du marché. Que ce soit lors de son expansion géographique ou de l'élargissement de ses services, UPS a veillé à ce que son identité visuelle reflète sa croissance et son évolution, tout en préservant les éléments clés qui la rendent reconnaissable.[3]

Voici un aperçu de l'évolution du logo d'UPS au fil des années, suivi d'une explication pour chaque version :



FIGURE 1.1 – Evolution du logo d'UPS.

Source :[3]

Le logo d'UPS a évolué au fil des ans pour représenter l'intégrité, la fiabilité et la puissance de l'entreprise. En 2003, par exemple, le colis noué avec un nœud papillon a été supprimé pour montrer l'expansion des services de la Supply Chain. La dernière modification était en 2013, où l'aspect 3D du logo a été retiré et le symbole TM a été remplacé par ® suite à l'enregistrement de la marque UPS.

UPS a conservé les mêmes couleurs symboliques tout au long de son évolution. Le marron représente la confiance, la fiabilité et la loyauté. Le jaune évoque la joie, la passion et la précision, reflétant l'engagement d'UPS à fournir des services de qualité avec précision.[4]

1.4 Offres et services d'UPS

L'histoire d'UPS témoigne de l'évolution significative de ses activités au fil du temps. Après plus d'un siècle d'existence, UPS propose désormais une gamme variée de services qui peuvent être regroupés en cinq principaux types :

- Services de messagerie.
- Services logistiques.
- Services de fret aérien et maritime.

- Services spécialisés.

Ces services vont être détaillées ci dessous :

1.4.1 Services de messagerie

Le service de messagerie est l'activité principale d'UPS, pour laquelle l'entreprise est mondialement reconnue. Il englobe la collecte, le tri, l'expédition et la livraison des colis et documents de sa clientèle. Que ce soit à l'échelle nationale ou internationale, UPS dispose de tous les moyens et infrastructures nécessaires pour assurer ces opérations avec efficacité[3] :

- Les points de relais : Ce sont des bureaux d'UPS permettant aux clients la possibilité de déposer ou de récupérer leurs colis. Ces points de relais sont particulièrement utiles pour les clients qui préfèrent ne pas recevoir leurs colis à domicile ou souhaitent éviter la collecte à domicile. Ils offrent aux clients un accès pratique aux services d'UPS, ainsi qu'une plus grande flexibilité dans la planification de leurs envois et réceptions.
- Les Hubs : Ce sont les plateformes centrales de tri des colis. Tous les colis à destination ou en provenance des centres de livraison transitent par ces points de connexion centraux[3].
- Les FEEDER : Ce service assure la gestion du plan de transport et de son exécution opérationnelle. Il est responsable des principales liaisons qui relient les hubs aux centres de livraison, les centres de livraison aux hubs, les aéroports aux hubs, et les hubs aux aéroports (uniquement lorsque cela implique une connexion routière). En outre, il gère les aspects contractuels et opérationnels avec les sous-traitants[3].
- GATEWAY : Ce service concerne les opérations de tri des colis au niveau des aéroports. Il s'occupe du tri des colis à l'international ainsi que des colis express au niveau national[3].
- BROKERAGE : Ce service est responsable du traitement des colis internationaux qui sont soumis aux contrôles douaniers. Son rôle principal est de vérifier le contenu des colis afin de détecter tout objet dangereux ou illicite. De plus, ce service est chargé de vérifier les droits et taxes applicables à chaque colis importé ou exporté, garantissant ainsi la conformité aux réglementations douanières[3].
- Flotte terrestre, aérienne et maritime : UPS est équipée d'une flotte considérable pour chaque mode de transport, garantissant un service de qualité à ses clients.

Les colis qui sont pris en charge par ce service doivent respecter la règle suivante : Le poids maximum à respecter est de 70KG pour les colis et de 2,5kg pour les documents.[6]

1.4.2 Services logistiques

UPS propose des services de sous-traitance logistique 3PL, ce qui signifie qu'elle prend en charge différents aspects de la chaîne logistique de leurs clients. Grâce à leur expertise et à leur infrastructure, UPS offre une multitude de solutions pour répondre aux besoins logistiques spécifiques de chaque client. Que ce soit la gestion des entrepôts, le transport, la distribution ou d'autres opérations liées à la chaîne logistique, UPS travaille en partenariat avec ses clients pour fournir des solutions personnalisées et efficaces.

Parmi ses principaux clients des services 3PL on trouve : Apple, DELL, The Coca Cola company, Unilever. Les services de prestations d'ups peuvent être classés en 3 types [7] :

Warehousing and distribution (Entreposage et distribution)

UPS dispose de plus de 250 installations d'entreposage et de distribution pour offrir à ses clients des services complets dans ce domaine. Parmi les solutions proposées, on retrouve [7] :

- L'entreposage : UPS propose un service d'entreposage qui comprend la gestion de l'inventaire. Ils veillent à assurer la sécurité des produits et des données, ainsi qu'à fournir des conditions de stockage appropriées pour chaque type de marchandise.
- L'inbound (les entrées) : UPS assiste ses clients dans la réception et le rangement des produits. Ils proposent une gestion intégrée du transport pour assurer une réception fluide des marchandises. De plus, UPS offre des services de valeur ajoutée tels que l'étiquetage.
- L'outbound (les sorties) : UPS aide ses clients dans la préparation des commandes et assure la gestion des expéditions. Cela inclut l'envoi des récépissés de commande et la coordination des services à valeur ajoutée, tels que l'emballage spécial. UPS s'occupe également du transport pour assurer des livraisons fiables et ponctuelles, en utilisant leur vaste réseau de transport.
- La gestion des retours : UPS assiste ses clients dans la gestion des retours. Ils gèrent efficacement le processus de retour, en récupérant les articles des clients et en les acheminant vers leur destination finale, qu'elle soit l'entrepôt ou un renvoi aux fournisseurs.

Post-sales logistics (logistique d'après-vente)

Ces services sont similaires aux services d'entreposage et de distribution, mais ils sont dédiés uniquement aux pièces de rechange. UPS dispose de plus de 850 FSL (Forward Stocking Location), des emplacements de stockage avancés, répartis dans plus de 125 pays. Ces FSL permettent d'aider les sous-traitants à fournir les services après-vente nécessaires à leurs clients[7].

Services de commerce électronique(E-commerce fulfillment)

Ces services sont dédiés aux e-commerçants, ils permettent l'exécution de leurs commandes en temps opportun afin de préserver la satisfaction de leurs clients. UPS dispose d'un réseau d'entrepôts de fulfillment pour le commerce électronique, où ils affectent les produits des clients au site le plus adéquat afin de réduire les délais de livraison. Ils gèrent la réception et le stockage de manière à ce que les biens de leurs clients soient disponibles pour la livraison dans les 24 heures[7].

1.4.3 Services de fret aérien et maritime :

On avait précédemment précisé qu'un colis dépassant les 70 kg ne peut être pris en charge par le service de messagerie, UPS a donc pensé à ses clients et a conçu un service de fret spécialement pour ce type de marchandises, elle dispose d'une panoplie d'offre que ce soit en fret aérien, maritime et même multimodale.

Fret aérien :

UPS possède sa propre compagnie aérienne (UPS Airlines) avec une flotte de plus de 200 avions qui desservent plus de 600 aéroports dans plus de 140 pays. On peut distinguer entre deux services de fret aérien : fret aérien international et fret aérien nord-américain.

UPS Express Critical™	N'importe quand, n'importe où, n'importe quelle taille. Nous pouvons fournir un accès à pratiquement tous les types d'avions, y compris les charters, avec des devis le jour même pour vos envois les plus urgents. Également disponible pour le transport terrestre le jour même en Europe.
UPS Air Freight Premium Direct™	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Livraison porte-à-porte, généralement en 1 à 3 jours ouvrables, dans les principales régions métropolitaines du monde ▪ Enlèvement, livraison et dédouanement de routine inclus*
UPS Air Freight Direct™	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planification quotidienne avec livraison d'aéroport à aéroport, généralement en 1 à 3 jours ouvrables, en fin de journée, dans le monde entier ▪ Enlèvement, livraison et dédouanement en option*
UPS Air Freight Consolidated™	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planification spécifique à la journée avec livraison d'aéroport à aéroport, généralement en 3 à 5 jours ouvrables, en fin de journée, dans le monde entier ▪ Enlèvement, livraison et dédouanement en option*

FIGURE 1.2 – Services de fret aérien UPS.

Source :[7]

Fret maritime :

UPS est l'un des plus grands NOVCC au monde (Non-Vessel-Operating Common Carrier), qui est un opérateur de transport maritime ne possédant pas de navires, avec plus de 2300 voies de service maritimes et plus de 160 pays desservis.

Full Container Load (FCL)

Pour répondre à vos exigences uniques en matière d'acheminement et de temps de transit, nous obtenons de l'espace sur plusieurs navires à travers des transporteurs et des alliances, avec des départs fréquents des principaux ports du monde entier.

Less-Than-Container Load (LCL)

Nous coordonnons le partage de l'espace au sein d'un conteneur. Offert dans la plupart des principaux ports, vous bénéficiez d'une tarification économique basée sur l'utilisation tout en bénéficiant de la fréquence, du routage et de la visibilité FCL.

Ocean Forwarding

Une source rationalisée pour réserver le fret maritime, organiser le ramassage et gérer les documents d'expédition pour presque toutes les origines ou destinations. Disponible dans la plupart des ports principaux.

FIGURE 1.3 – Services de fret maritime UPS.

Source :[7]

Fret terrestre :

UPS Supply Chain Solutions, la société UPS Coyote® Logistics et d'autres intermédiaires d'UPS offrent des services de fret terrestre (routier) LTL (Less than Truckload) ainsi que des services de camions complets et de fret ferroviaire (pour l'intermodalité) principalement en Amérique du Nord et au Mexique.

Fret multimodal :

UPS offre également des solutions de transport multimodal qui consistent à utiliser différents modes de transport successivement l'acheminement des marchandises. Voici quelques exemples de ces solutions :

UPS Preferred® LCL

Utilisez notre vaste réseau de camionnage nord-américain unique pour accélérer les expéditions maritimes LCL entre l'Europe ou l'Asie et l'Amérique du Nord.



UPS Preferred® FCL & LCL – Rail

Une alternative intercontinentale écologique au fret aérien et maritime qui relie les réseaux de camions en Chine et L'Europe par le rail.



UPS Preferred® – Sea-Air

Combinez fret maritime et fret aérien sur certaines des routes commerciales les plus longues du monde. Offert dans les principaux ports du monde



FIGURE 1.4 – Services de fret multimodal UPS.

Source :[7]

1.4.4 Services spécialisés

En plus des services précédents, UPS propose également des services spécialisés dans certains secteurs, tels que celui de la santé, l'industrie pharmaceutique, les dispositifs médicaux et les produits sensibles. Ces services comprennent le transport et la logistique conformément aux réglementations spécifiques à ces industries. UPS healthcare est un exemple de ces services spécialisés, elle offre une gamme de services logistiques complète au monde entier [8].

1.5 La technologie et UPS

De la réception à la livraison, les technologies d'UPS aident à rationaliser le transport et le traitement du fret afin d'améliorer l'efficacité et de réaliser d'importantes économies.

1.5.1 Les technologies internes

Le groupe de technologie avancée (ATG) est une équipe diversifiée d'employés qualifiés d'UPS qui collaborent pour développer des solutions technologiques permettant à UPS de rester à la pointe de la technologie [11]. Ci joint des exemple de technologies que cette équipe a réussi à développer :

- Le réseau logistique intelligent : L'objectif du réseau logistique intelligent est qu'il converge tous les systèmes d'UPS pour l'aider à accomplir ses tâches quotidiennes. C'est le pouls, où tous les systèmes circulent en un seul endroit, gardant ainsi le réseau en vie et en bonne santé, capable de s'adapter à toutes les conditions qui peuvent survenir.[11]
- La technologie du Smart Warehouse : En d'autres termes, la technologie du réseau d'entrepôt. Elle a été conçue pour rendre les centres de distribution plus intelligents et plus efficaces. Le nouveau système d'exécution d'entrepôt (SEE) permettra de recevoir et de traiter les commandes plus rapidement, garantissant ainsi que les clients, en particulier ceux ayant des modèles de commande fluctuants, reçoivent leurs produits à temps.

1.5.2 Les technologies orientées clients

UPS a également développé une gamme d'outils technologiques pour faciliter la collaboration avec sa clientèle, notamment :

- Le service UPS Tracking : Il s'agit d'un outil en ligne permettant aux clients de suivre en temps réel la localisation et l'état de leurs colis grâce à un numéro de suivi unique, via le site web d'UPS (UPS.com).

1.5.3 Les concurrents d'UPS

Les principaux concurrents d'UPS dans le secteur de la logistique et de la livraison incluent :

- FedEx : FedEx Corporation est une entreprise de services de livraison basée aux États-Unis, qui propose des services similaires à UPS, tels que la livraison express, le fret aérien et le transport terrestre.

- DHL : qui est une entreprise internationale de logistique et de livraison, basée en Allemagne. Elle offre des services de livraison express, de fret aérien et de transport terrestre à l'échelle mondiale.
- Amazon Logistics : Amazon Logistics est la division logistique d'Amazon, il assure le service du commerce électronique.
- USPS : Le United States Postal Service (USPS) est l'opérateur postal national des États-Unis. Bien qu'il ne soit pas directement concurrent d'UPS dans tous les domaines, USPS propose également des services de livraison et de logistique.
- Deutsche Post : Deutsche Post est une entreprise postale et de logistique basée en Allemagne, offrant une gamme de services de livraison et de logistique à l'échelle mondiale.

Il convient de noter que le pays et le marché spécifiques peuvent influencer les concurrents locaux et régionaux auxquels UPS est confronté, par exemple en Algérie, Yalidine El Djazayer Service, est l'un des principaux concurrents d'UPS sur le marché local.

1.6 UPS Algérie

CONEXLOG, une entreprise de droit algérien, a été établie en 2016 en tant que prestataire exclusif des services agréés d'UPS en Algérie. À partir du 19 septembre 2017, CONEXLOG a commencé à fournir des services sous la marque UPS en Algérie, conformément aux conditions, contrats et licences convenus entre CONEXLOG et UPS.

1.6.1 Les services d'UPS CONEXLOG

CONEXLOG UPS propose une gamme variée de services pour répondre aux besoins de ses clients, notamment :

- Messagerie express : CONEXLOG UPS assure la livraison rapide et fiable des colis et des enveloppes à travers le monde. Grâce à leur réseau mondial bien établi, ils garantissent des délais de livraison rapides et des services de suivi en temps réel.
- Expédition de fret : CONEXLOG UPS gère également l'expédition de fret pour les envois plus volumineux. Ils proposent des solutions d'expédition efficaces et sécurisées.
- Formalités douanières : En tant qu'expert en logistique internationale, CONEXLOG UPS fournit une assistance professionnelle dans les procédures de dédouanement. Ils facilitent les formalités administratives et veillent à ce que les expéditions traversent les frontières en toute conformité.
- Magasinage : CONEXLOG UPS dispose d'un entrepôt de 2000 m² sous contrôle douanier à Oued Smar. Cela leur permet d'offrir des services de stockage sécurisés pour les marchandises de leurs clients, en veillant à ce qu'elles soient conservées dans des conditions adéquates jusqu'à leur expédition.
- 3PL (Third-Party Logistics) : Connexlog UPS propose des services de logistique tierce partie, ce qui signifie qu'ils gèrent l'ensemble de la chaîne logistique pour leurs clients. Cela comprend le stockage, le conditionnement, la préparation des commandes et la gestion des expéditions, offrant ainsi une solution complète de bout en bout.

- Express domestique : CONEXLOG UPS assure également la livraison rapide des colis et des enveloppes à la majorité des wilayas d'Algérie. Leurs services express domestiques permettent aux clients d'envoyer leurs envois localement de manière rapide et fiable.

1.6.2 Le service 3PL (Third-Party Logistics) d'UPS CONEXLOG

Nous avons précédemment détaillé les services de prestation logistique proposés par UPS à ses clients, notamment le stockage et la distribution, les services d'après-vente et les services de commerce électronique. Pour UPS CONNEXLOG, le service de prestation logistique qu'elle propose diffère de celui d'UPS, principalement en raison des spécificités du marché algérien et de ses exigences particulières. La mise en œuvre du service tel qu'il est appliqué par UPS dans le reste du monde est coûteuse en Algérie, et le retour sur investissement n'est pas très attractif. De plus, UPS CONNEXLOG est un prestataire exclusif d'UPS, ce qui signifie qu'il bénéficie d'une technologie limitée à ce qui a été convenu dans le contrat. Le service d'après-vente est la seule prestation logistique assurée par UPS CONNEXLOG en Algérie, avec DELL Technologies comme seul client bénéficiaire de ce service.

- DELL Technologies : Dell Technologies, Inc est une entreprise américaine dont le siège est situé à Round Rock, au Texas. Fondée en 1984, Dell est l'un des principaux fabricants mondiaux d'ordinateurs et de produits technologiques. Bien que Dell soit largement reconnu pour sa gamme d'ordinateurs personnels destinés aux particuliers et aux professionnels, l'entreprise est également présente sur d'autres marchés. Elle propose des solutions de serveurs d'entreprise, de stockage de données, de sauvegarde ainsi que des équipements spécifiques aux réseaux informatiques. En plus des produits matériels, Dell propose également une gamme de logiciels et de périphériques tels que des imprimantes, des appareils photo numériques, et bien d'autres encore.[13]
- Service après vente DELL Technologies : Les usines de production de pièces de Dell, réparties dans le monde entier, approvisionnent les centres de distribution régionaux (RDC). À leur tour, ces RDC fournissent les centres de distribution locaux (LDC). Les LDC sont chargés de préparer les commandes de pièces de rechange passées par les clients, puis de les acheminer vers le centre de collecte et de dépôt (pick-up / drop-off), qui se charge de la livraison finale aux clients. La politique de Dell exige parfois la récupération de la pièce défectueuse avant de pouvoir fournir la pièce de rechange, ce qui explique les flèches sortant du client et suivant le sens inverse du cycle précédemment mentionné. Cette exigence peut être motivée par des considérations environnementales ou économiques. le schéma ci dessus illustre la structure du service d'après vente chez DELL :

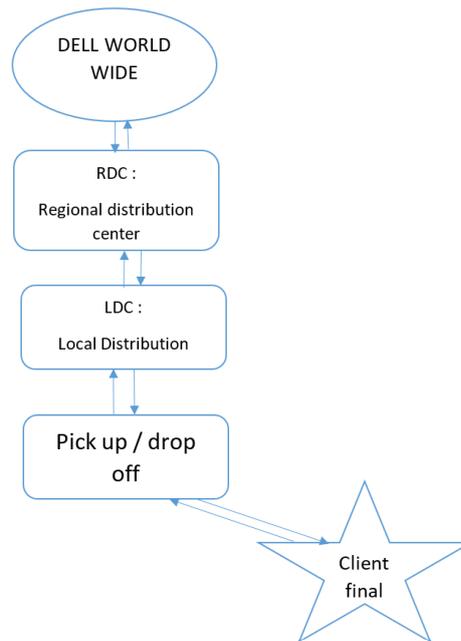


FIGURE 1.5 – Réseaux du service après vente Dell technologies.

- Centre de distribution local DELL chez UPS : DELL Technologies a confié à son prestataire UPS CONNEXLOG la gestion de son centre de distribution local en Algérie. Ce partenariat permet à UPS CONNEXLOG d'assurer les opérations de réception, stockage, préparation de commandes, gestion de l'inventaire et livraison des pièces de rechange aux clients de DELL Technologies. UPS CONNEXLOG a spécialement aménagé un espace au sein de son infrastructure à Oued Smar, Alger, afin de répondre de manière efficace et fiable aux besoins des clients de DELL Technologies. Le choix de cet emplacement est stratégique pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il est situé dans la même infrastructure que l'entrepôt sous douane d'UPS, ce qui facilite et accélère les procédures douanières liées aux envois de DELL vers son centre de distribution local. En regroupant les installations, cela permet à UPS de gagner de l'espace et d'optimiser l'efficacité de ses entrepôts, car la zone de réception et la zone d'expédition sont partagées.

La zone de stockage dédié à DELL chez UPS CONNEXLOG est organisée de la manière suivante :

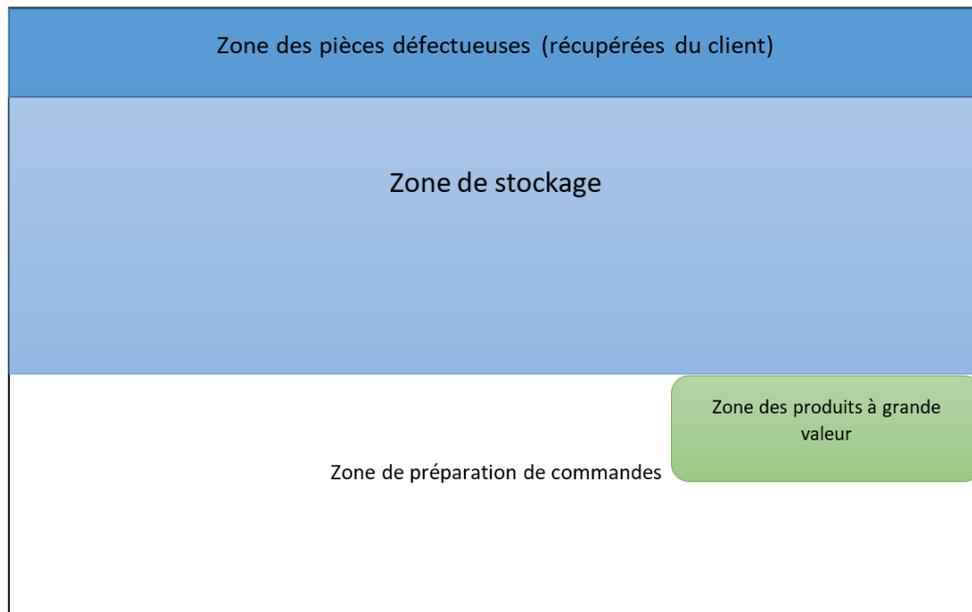


FIGURE 1.6 – Schéma explicatif de l'aménagement de l'entrepôt DELL chez UPS CONNEXLOG.

Il est remarquable que dans cet entrepôt, seules la zone de stockage et la zone de préparation de commandes sont spécifiquement dédiées aux produits de Dell.

1.7 Problématique

Selon les statistiques de l'année 2022 publiées sur le site du ministère de l'Industrie, 1 286 365 PME furent créées cette année dont 109 991 spécialisées dans l'industrie manufacturière. Ainsi, la grande majorité des entreprises algériennes, potentielles clientes d'UPS, sont des petites et moyennes entreprises [14].

Or, la prestation 3PL qu'offre UPS à travers le monde n'est rentable que pour de grandes sociétés captant d'importants flux logistiques tels que UNILEVER, ZARA ou DELL.

Ainsi, vu le nombre important de PME en Algérie et l'accès limité d'UPS CONNEXLOG en technologies qu'offre UPS monde, il y a nécessité de choisir les clients d'UPS CONNEXLOG.

Notre défi est de créer un outil stratégique à la fois simple et efficace, se substituant aux grands moyens d'UPS monde, et qui aidera UPS CONNEXLOG à décider en un temps très court d'offrir ou non une prestation 3PL à un client potentiel.

Concrètement, notre outil proposera un plan d'aménagement ainsi qu'une gestion optimisée de l'entrepôt sur la base de données minimales présentées par le client. Cet aménagement optimisé est le résultat d'une recherche variant le layout (nombre et disposition des rayons et rayons transversaux), l'affectation des produits du client aux emplacements et la politique de préparation des commandes.

Cet outil stratégique permettra d'aider UPS CONNEXLOG de prendre rapidement une décision éclairée quant à l'acceptation ou non du contrat avec le client.

1.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par présenter UPS, en mettant en évidence ses services et ses stratégies. Ensuite, nous avons abordé spécifiquement le prestataire exclusif d'UPS en Algérie UPS CONNEXLOG, en fournissant toutes les informations pertinentes. Cela nous a conduit à mettre en évidence une problématique que nous souhaitons résoudre dans le cadre de notre projet de fin d'études. Dans le prochain chapitre, nous présenterons les notions élémentaires d'aménagement et de gestion optimisée d'un entrepôt.

Chapitre 2

Aménagement et gestion d'un entrepôt

2.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté l'entreprise où s'est déroulé notre stage. Dans ce chapitre, nous allons maintenant aborder le contexte dans lequel notre travail s'inscrit. Nous nous appuyerons sur quatre points principaux : les notions de logistique et d'entreposage, l'aménagement d'entrepôt, l'affectation des produits en stock et la préparation des commandes. Chacun de ces points englobe des notions essentielles nécessaires à la réalisation de notre travail, incluant également les aspects mathématiques et de recherche opérationnelle.

2.2 La chaîne logistique et l'entreposage

2.2.1 La chaîne logistique

La chaîne logistique ou supply chain en anglais, est l'ensemble des étapes impliquées, directement ou indirectement, dans la satisfaction d'une demande client. La chaîne logistique inclut non seulement le fabricant et les fournisseurs, mais aussi les transporteurs, les entrepôts, les détaillants et même les clients eux-mêmes. chaîne logistique typique peut impliquer différentes acteurs, notamment :

- Les clients.
- détaillants.
- grossistes/distributeurs.
- fabricants.
- fournisseurs de composants/matériaux bruts.

Chaque acteur de la chaîne logistique est connecté par des flux de produits, d'informations et monétaires. Ces flux se produisent souvent dans les deux sens et peuvent être gérés par l'une des étapes ou un intermédiaire.[15]

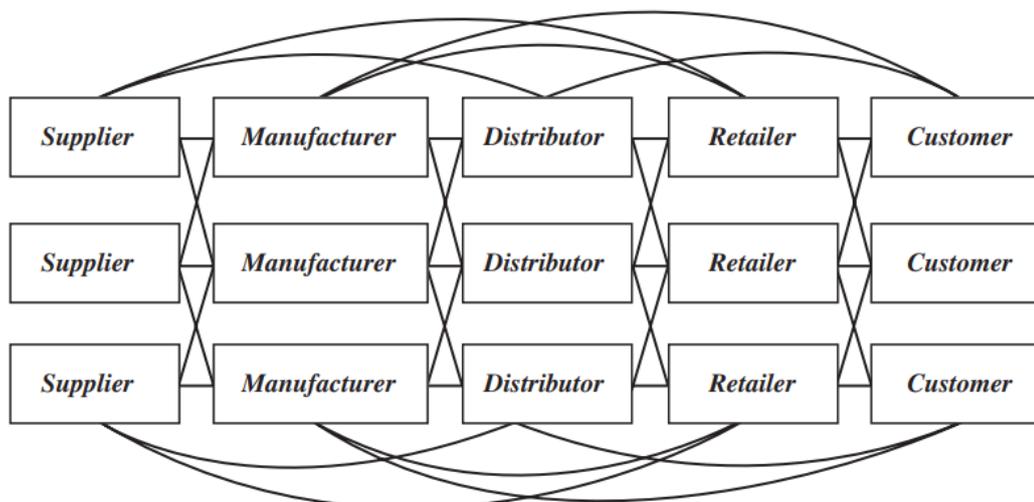


FIGURE 2.1 – Les étapes de la chaîne logistique et les relations entre elles.

Source : [15]

2.2.2 Le stock

D'une façon générale, le stock est défini comme "accumulation d'une différence de flux"[16].

Pour illustrer cela, on représente dans la figure ci dessous le stock comme un réservoir d'eau, dont le niveau traduit la différence accumulée entre un flux entrant et un flux sortant.[16]

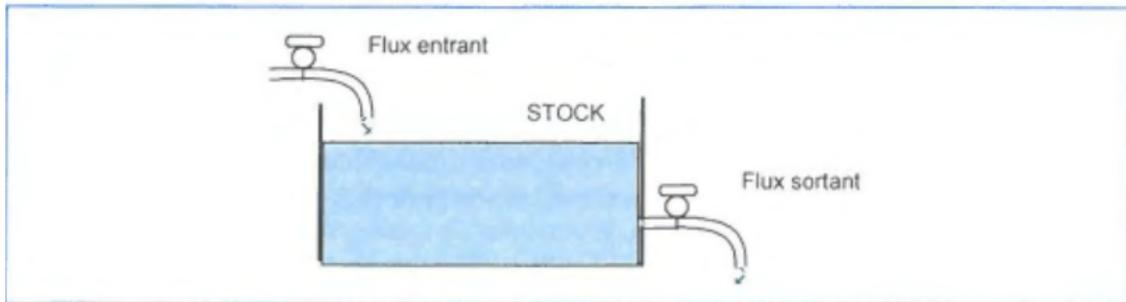


FIGURE 2.2 – Représentation d'un stock.

Source :[16]

D'une manière plus simple, Les stocks comprennent tous les biens et les matériaux qui sont conservés par une organisation. Il s'agit d'un ensemble d'articles qui sont conservés pour une utilisation future.[17]

2.2.3 Les Types et objectifs de stocks

Il existe cinq types de stocks, chacun ayant un objectif différent :

- Stock de matières premières : Il s'agit des matières premières qui seront conservées jusqu'à ce qu'elles soient nécessaires pour les opérations de production.
- Stock en cours : Il s'agit des unités en cours de traitement ou de fabrication. Stock de produits finis : Il s'agit des produits finis qui sont prêts à être expédiés aux clients. Ce sont des produits qui ont été complètement fabriqués et sont en attente d'expédition.
- Stock de pièces de rechange : Il s'agit des pièces de rechange qui sont utilisées pour la réparation ou l'entretien des machines, équipements, etc. Ces pièces sont conservées en cas de besoin.
- Stock de consommables : Il s'agit des articles consommables tels que l'huile, le papier, les produits de nettoyage, etc. Ce sont des articles qui sont utilisés régulièrement et sont stockés pour être utilisés au fur et à mesure des besoins.[17]

2.2.4 Les coûts que génère un stock

Il est vrai que le stock présente des avantages pour une entreprise, car il permet notamment de faire face aux fluctuations de la demande. Cependant, il est important de noter que la détention d'un stock engendre des coûts. Les principales composantes qui contribuent aux coûts liés au stock sont généralement regroupées en trois catégories :

- Les coûts financiers : En effet, détenir un stock important implique que l'argent est immobilisé, ce qui empêche sa rentabilisation.
- Les frais de magasinage : Les frais de magasinage comprennent les coûts liés au stockage, tels que les salaires des magasiniers, les dépenses liées aux matériaux et au bâtiment, ainsi que les frais associés au système d'information, entre autres.
- Les frais de dépréciation : "Un stock vit, puis il meurt"[18]. On appelle le risque de dépréciation la possibilité que la valeur des produits stockés diminue au fil du temps, ce qui peut entraîner une perte financière pour l'entreprise. Ce risque peut être lié à l'obsolescence des produits, aux fluctuations du marché[18].

2.2.5 L'entrepôt

On peut définir un entrepôt de plusieurs manières, car le concept d'entreposage a suivi une évolution : La fonction principale des systèmes d'entreposage est de recevoir les produits (en provenance des lignes d'approvisionnement ou de fabrication), de stocker les matériaux jusqu'à ce qu'ils soient demandés, puis d'extraire les produits du stock et de les expédier en réponse aux commandes des clients. cité dans[19] pris de [47].

D'un point de vue de la conception, les entrepôts peuvent être caractérisés par les principales fonctions qu'ils remplissent : la réception, le stockage, la préparation des commandes et la consolidation, l'emballage et l'expédition. Dans certains cas, ces fonctions peuvent également inclure des opérations à valeur ajoutée.[19]

Les opérations logistiques dans un entrepôt

Selon le cas, plusieurs opérations logistiques peuvent être effectuées dans un entrepôt on cite principalement :

- Réception de la marchandise.
- érification et contrôle de la marchandise.
- Stockage.
- Préparation des commandes.
- Expédition de marchandises.

Les zones dans un entrepôt

Un entrepôt est généralement subdivisé en différentes zones qui varient d'un entrepôt à un autre en fonction de leur activité spécifique. Pour avoir une vue d'ensemble, nous allons énumérer uniquement les principales zones que l'on retrouve généralement dans un entrepôt. Ces zones comprennent [18] :

- Zone de réception : Une zone de réception peut avoir plusieurs fonctions, tels que : le déchargement des camions, le déconditionnement des palettes, le contrôle réception, le contrôle réception, le dédouanement et la mise en quarantaine.

- Zone de stockage : c'est la zone de stockage des palettes ou des cartons en attente de livraison vers leur lieu d'utilisation. On peut trouver dans cette zone 3 types de stockage[18] :
 - le stockage de réserve : un type consacré au stockage des palettes homogènes stockées sur des palettiers.
 - le stockage de détail : dédié aux articles dans la quantité est inférieure à une palette. Selon les besoins, cette zone peut être située dans une zone spécifique ou sous le stockage de réserve
 - le stockage de masse : conçu pour stocker des volumes importants de marchandises directement sur le sol. Cela peut être utilisé pour des produits en vrac ou en grande quantité qui ne nécessitent pas de racks ou de supports spécifiques.
- La zone de préparation des commandes est l'endroit où les magasiniers effectuent le processus de picking, qui consiste à prélever des pièces dans divers conditionnements pour assembler des commandes en fonction des besoins spécifiques de chaque client. Cette étape implique l'utilisation de différents moyens et méthodes en fonction du type de préparation de commande requis.
- Zone d'emballage : C'est la zone où les produits sont emballés avant d'être expédié au clients.
- La zone d'expédition : cette zone a pour rôle d'entreposer les produits en attendant leurs chargements.

2.2.6 La conception d'un entrepot

La conception d'un entrepôt est un regroupement cohérent de décisions prises à trois niveaux hiérarchiques : niveau stratégique, tactique et opérationnel, dans le but de répondre à un certain nombre de critères de performance bien définis.[33]

Au niveau stratégique, nous considérons les décisions qui ont un impact à long terme, principalement celles qui concernent des investissements importants. Les deux principaux groupes de décisions sont celles concernant la conception des flux des processus et celles concernant la sélection des types de systèmes d'entreposage.[33]

Au niveau de la conception tactique, un certain nombre de décisions à moyen terme doivent être prises, en se basant sur les résultats des décisions stratégiques. Ces décisions concernent généralement les dimensions des ressources (tailles des systèmes de stockage mais aussi nombre d'employés), la détermination d'une disposition et un certain nombre de problèmes organisationnels.[33]

Au niveau opérationnel, les processus doivent être exécutés dans les contraintes définies par les décisions stratégiques et tactiques prises aux niveaux supérieurs. Les principales décisions à ce niveau concernent l'affectation et le contrôle des ressources : personnes et équipements.[33]

En ce qui suit, nous allons aborder la conception du point de vue tactique.

2.2.7 Le dimensionnement de la zone de stockage

Avant d'aborder le calcul de la zone de stockage, il est important de définir clairement les règles d'affectation des emplacements. Il existe deux stratégies possibles :

- La banalisation désigne le processus d'affectation aléatoire d'un produit en stock à un emplacement disponible au moment de la réception. Ce système présente l'avantage principal d'optimiser l'utilisation de l'espace de stockage.[18]
- L'affectation consiste à attribuer un emplacement spécifique à un produit et à le positionner toujours à cet endroit. Ce système facilite la localisation des produits, car ils sont toujours stockés au même emplacement. Cependant, l'inconvénient de ce système est qu'il peut être gourmand en espace, car même si un produit n'est pas en stock à un moment donné, son emplacement lui est réservé.[18]

Une fois que la règle d'affectation a été établie, le calcul des éléments nécessaires pour définir les besoins en stock peut être effectué en fonction de la situation spécifique :

Dimensionnement du stock banalisé

La première étape : tout d'abord il faudra effectuer une segmentation du stock en fonction des différentes unités de stockage utilisées, telles que les palettes, les cartons, les bacs, les bobines, etc. Pour chaque unité de stockage une zone de stockage indépendante lui sera consacrée, car elles requièrent des moyens de stockage spécifiques. Pour notre cas d'étude, on s'intéresse uniquement aux marchandises palettisées.

La deuxième étape : consiste à identifier le volume ou la taille économique (QC) d'un lot de pièces fabriquées. qu'on va expliquer brièvement : l'utilisation du modèle de Wilson pour le calcul de la quantité économique, nous permettra d'optimiser 3 coûts : coûts de passation d'une commande CPC, coût de stockage CPS, prix unitaire (PU).[18]

Ce modèle prouve que la quantité économique se trouve à l'intersection des 2 courbes de CPC et CPS, donc au point où le $CPC = CPS$, telle que :

$$CPC = CPC_{\text{unitaire}} \times \text{Nombre de commandes annuelles}$$

$$CPC = CPS_u \times \frac{\text{Consommation annuelle}}{Q}$$

$$CPS = \text{Coût de possession des stocks} \times \text{Stock moyen} \times \text{Prix des pièces}$$

$$CPS = \text{Coût de possession des stocks} \times \frac{Q}{2} \times P \times U$$

le point où $CPC = CPS$ est illustré à la figure ci-dessous : A partir de ce graphique on déduit que :

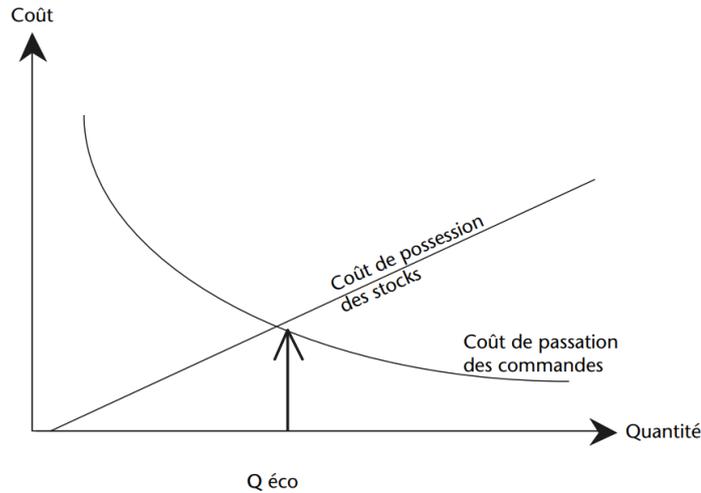


FIGURE 2.3 – Représentation graphique du modèle de Wilson.

Source : [20]

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times CPC \times \text{Consommation annuelle}}{U \times CPS}}$$

La troisième étape : on doit calculer le stock outil en fonction de ses paramètres :

- Le stock-outil : il représente une estimation de la valeur théorique du stock.

$$\text{Stock outil} = \frac{Q}{2} + \text{Stock de sécurité}$$

- Le stock de sécurité (SS) : Il s'agit du niveau de stock nécessaire pour pallier aux fluctuations ou aléas que peut subir la demande d'un article. Ce stock sera utilisé sauf dans le cas d'une surconsommation ou d'un retard de la part du fournisseur. Le système d'approvisionnement doit maintenir un niveau de stock toujours supérieur à cette valeur.[18] Il se compose de deux parties :

$$SS = SS_{\text{amont}} + SS_{\text{aval}}$$

$$SS_{\text{amont}} = \text{Nbr de jours moy de retard fournisseur} \times \text{Consommation journalière}$$

$$SS_{\text{aval}} = \text{Variation de la quantité} \times \text{Délais d'approvisionnement}$$

La quatrième étapes : calcul du besoin en stockage :

Le stock moyen : C'est le niveau de stock observé sur une période donnée. Il est calculé en prenant la moyenne des stocks instantanés pendant la même période, généralement à la fin du mois, sur une période plus ou moins étendue, telle que 3 mois, 6 mois, etc.[18]

Le but du dimensionnement de la zone de stockage, est de concevoir une surface apte à prendre en compte les besoins en stockage de quelques années à venir. Il ne doit pas se limiter

à l'année en cours, c'est la raison pour laquelle il est recommandé de prendre le stock-outil comme base de calcul plutôt que le stock moyen. [18]

Cependant, il est important de considérer l'écart entre ces deux notions, car le dimensionnement du stock uniquement en fonction du stock-outil peut négliger les aléas.

La meilleure approche consiste à ajuster le stock outil en le multipliant par un coefficient appelé "coefficient stock moyen", qui est calculé en fonction du pourcentage de différence entre le stock moyen et le stock-outil. En appliquant ce coefficient.[18]

Il est important de noter que les règles de calcul précédemment mentionnées ne doivent pas être appliquées telles quelles dans le cas des entreprises ayant une très forte saisonnalité. Dans de tels cas, il est essentiel de prendre en compte l'effet de la saisonnalité dans le calcul des besoins en stock.

Dimensionnement du stock dédié

Pour ce type de stockage, les règles de calcul sont similaires à celles du cas précédent, à l'exception des 2 dernières étapes où le stock outil et le besoin en stock sont calculés différemment.

$$\text{Stock Outil} = Q + SS$$

$$\text{Besoin en stockage} = \text{Stock outil} \times \text{coefficient}$$

Ce coefficient représente le pourcentage de pièces restantes lorsqu'une commande arrive.[18]

Remarque :Pour le stockage banalisé, les règles de calcul mentionnées précédemment s'appliquent uniquement dans le cas d'un approvisionnement en MRP (Planification des besoins en matériaux) ou en point de commande dynamique.

Cependant, si le système utilise un point de commande simple ou un reapprovisionnement périodique, d'autres méthodes doivent être utilisées, qui ne seront pas abordées car elles sortent du cadre de notre étude.

Les équipements de stockage et de manutention

Il existe une variété de moyens de stockage et de manutention, qui diffèrent selon plusieurs paramètres tels que l'unité de stockage, le poids des articles et la surface disponible dans chaque entreprise. Dans le cadre de notre étude, nous allons définir les moyens utilisés sur notre lieu de stage.

Les palettiers :Un palettier (ou rack) est une étagère, le plus souvent métallique, qui permet de stocker des palettes. Il est constitué des alvéoles qui peuvent contenir une ou plusieurs palettes, celles-ci reposent sur deux lisses (partie horizontale du palettier). Il est composé de 16 barres verticales (échelles) sur lesquelles sont fixées des barres horizontales appelées lisses. Généralement, le pied des échelles est protégé par un "sabot" les protégeant contre un choc par un engin de manutention.[20]

Alvéoles 2-3 places : alvéole pouvant contenir soit 2 palettes industrielles (100x100 cm) ou 3 europalettes (120x80 cm).[20]

Travée : Ensemble des alvéoles superposées comprises entre deux échelles consécutives.[20]

Rangée : Ensemble de travées consécutives le long d'une allée de service.[20]

Les allées : en anglais se traduisent par "aisles". Ce sont des espaces de circulation droits et parallèles situés entre les rayonnages pour permettre l'accès aux marchandises. Une allée qui dessert une seule rangée est appelée une "allée simple", tandis qu'une allée qui dessert deux rangées est appelée une "allée double".[20]

Les allées de circulation(ou allées transversales) : en anglais se traduisent par "Cross-aisles". Ce sont également des espaces de circulation qui traversent l'espace de stockage en largeur et qui sont perpendiculaires aux allées principales. Leur rôle est de desservir les allées principales, de faciliter l'accès aux marchandises et de délimiter les blocs de l'espace de stockage.[24]

Blocs : les allées transversales délimitent les blocs,telle que un seul bloc est composé de 2 allées transversales (une d'avant et l'autre d'arrière), au- delà de deux allées transversales on parle de multi-bloc.[24]

2.2.8 La prestation logistique

En raison de l'évolution de l'industrie, les entreprises ont tendance à externaliser leurs activités logistiques afin de se concentrer sur leur cœur de métier. La prestation logistique, également connue sous les termes d'externalisation logistique, d'alliances logistiques, de prestataires logistiques tiers, de logistique contractuelle et de distribution contractuelle, désigne la pratique organisationnelle de sous-traiter tout ou partie des activités logistiques qui étaient auparavant réalisées en interne[22].

La logistique tierce (3PL) est souvent associée à la fourniture de services regroupés, au-delà des fonctions de transport ou d'entreposage individuelles. Ces services peuvent inclure la préparation de commandes, la gestion des retours et parfois même les services de commissionnaires de transport et de compagnies maritimes[22].

2.2.9 La performance d'un entrepôt

La performance est un terme large qui englobe à la fois les aspects économiques et opérationnels globaux.[42]

Un indicateur de performance est un indicateur quantitatif ou qualitatif qui reflète l'état ou la mesure de la performance. [43]

Les mesures quantitatives telles que le temps de cycle, les taux de remplissage et les coûts, les mesures qualitatives telles que les perceptions des gestionnaires de la satisfaction et de la fidélité des clients [44]

2.2.10 L'optimisation d'un entrepôt

Il existe différentes méthodes de stockage et alternatives d'équipement de manutention. Les principaux défis auxquels est confronté un concepteur d'entrepôt sont les suivants : choisir la meilleure méthode de stockage, sélectionner l'équipement de manutention approprié et déterminer la configuration la mieux adaptée (Le LAYOUT en anglais). La conception générale dépend d'un compromis entre différents coûts (coût du terrain, du bâtiment, de l'équipement, de la main-d'œuvre, de la maintenance et des services).[21]

Parmi les méthodes de résolution du problème d'optimisation d'un entrepôt, il existe une qui traite le problème en se basant sur deux approches. La première approche concerne l'aménagement de l'entrepôt (Le Layout). La deuxième approche examine les politiques opérationnelles d'un système d'entrepôt telle que les politiques d'affectation des produits, les politiques de préparation de commandes.[21] En ce qui suit, nous allons détailler ces deux approches.

2.3 Layout design

L'aménagement d'un entrepôt, également appelé "layout d'entrepôt", désigne l'organisation des différentes zones à l'intérieur de l'entrepôt, ainsi que la disposition des composants physiques au sein de chaque zone tels que les rayonnages et les allées. Cela vise à faciliter les opérations logistiques et une utilisation efficace de l'espace disponible.[23]

En ce qui suit, nous nous concentrons davantage sur l'aménagement de la zone de stockage. L'aménagement de cette zone fait référence au choix du nombre d'allées, leurs dimensions et leurs dispositions, ainsi qu'au nombre d'allées transversales, ce qui détermine le nombre de blocs dans la zone de stockage.

Le choix du LAYOUT de la zone de stockage a pour but de minimiser le coût de manutention et d'assurer un bon niveau de service, la fonction objective la plus commune est la distance traversée, qu'il faudra minimiser.[24] Il existe plusieurs aménagements possibles, ils sont répartis en deux familles : agencement traditionnel et non traditionnel :

- Aménagement traditionnel : La conception traditionnelle de l'aménagement d'un entrepôt repose principalement sur deux hypothèses :
 - les allées transversales doivent être droites et ne se croiser qu'à angle droit avec les allées de prélèvement.
 - Les allées de prélèvement doivent être droites et orientées dans la même direction.[25]
- Aménagement non traditionnel : Contrairement à l'agencement traditionnel, cette famille d'aménagements permet aux allées transversales de prendre une forme différente, qui n'est pas nécessairement droite. Cette nouvelle configuration réduit la distance attendue pour récupérer une seule palette de 10% par rapport à une conception traditionnelle équivalente.[25]

Ce genre d'Aménagements nécessite des moyens de manutention et de stockage appropriés, parfois même automatisés. Ci-dessous des exemples de ces deux familles d'Aménagement :

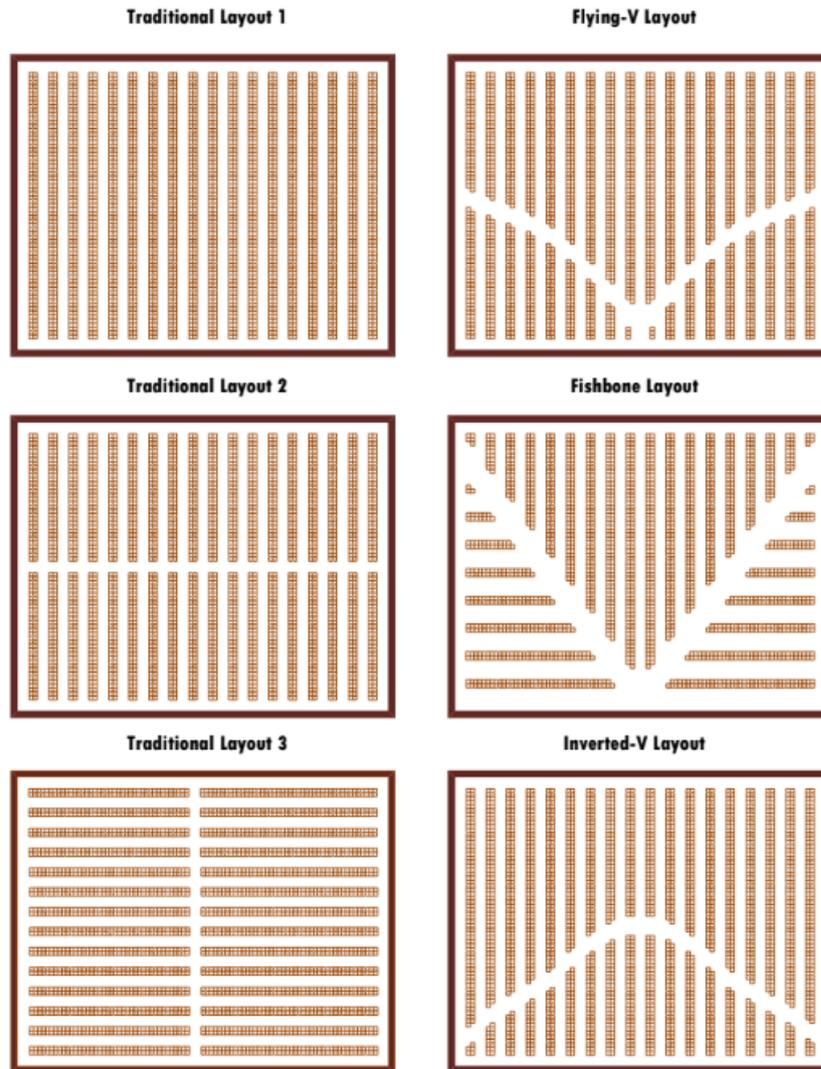


FIGURE 2.4 – Exemples d'aménagements d'entrepôts.
Source : [25]

2.4 Problème d'affectation des produits en stock

Précédemment on avait parlé de l'importance de l'aménagement de l'espace de stockage pour minimiser le coût de manutention des produits en stock et d'assurer un bon niveau de service. En effet, l'allocation des produits dans l'espace de stockage joue aussi un rôle primordiale dans la rapidité de l'opération de préparation de commande.

Dans la littérature le SLAP (Storage Location Assignment Problem), désigne le problème d'affectation des emplacements de stock. La résolution de ce problème vise l'optimisation des coûts de manutention ou de l'utilisation de l'espace de stockage. Le problème dépend de paramètres tels que la conception de la zone de stockage, la disponibilité de l'espace de stockage, la capacité de stockage de l'entrepôt, les caractéristiques physiques des produits, les horaires d'arrivée et le comportement de la demande. [26]

Les principales approches d'optimisation concernent l'utilisation de l'espace de l'entrepôt

et le temps de préparation de commandes.[26]

Avant de donner plus de détails sur le SLAP, il sera nécessaire de définir quelques notions relatives à la recherche opérationnelle.

2.4.1 La recherche opérationnelle(RO)

Comme son nom l'indique, la recherche opérationnelle concerne la "recherche sur les opérations". Ainsi, la recherche opérationnelle est appliquée aux problèmes qui concernent la manière de mener et de coordonner les opérations (c'est-à-dire les activités) au sein d'une organisation. La nature de l'organisation est essentiellement sans importance, elle peut être une organisation de fabrication, de construction, de télécommunications, de transport, l'armée et les services publics, etc... [27]

Résoudre un problème en recherche opérationnelle

Avant de résoudre un problème en recherche opérationnelle (RO), il est essentiel de le définir correctement et de recueillir toutes les informations, paramètres et contraintes qui le caractérisent. Une fois le problème a été défini, la prochaine étape consiste à formuler mathématiquement le problème. Pour résoudre le problème, il existe plusieurs méthodes parmi lesquelles il faudra choisir celle qui convient le mieux à la situation spécifique. Une fois la méthode de résolution choisie, on passe à la résolution elle-même, suivie de tests pour confirmer les résultats obtenus ou pour réévaluer les étapes précédentes si nécessaire. Il est aussi possible d'avoir une étape d'amélioration de la solution obtenue, suivie d'une autre étape de préparation avant application. Ce n'est qu'à cette étape que la solution obtenue peut être appliquée sur le terrain.[27]

Le Problème en recherche opérationnelle

Déterminer un problème implique également de définir son type, sa classe, sa complexité et sa taille.

- il existe 3 types possibles
 - les problèmes de décision : leurs solution doit être soit oui ou non.
 - Les problèmes d'optimisation : ou on cherche a optimiser une fonction, c'est à dire de trouver un certain x^* dans un domaine D tel que

$$f(x) \leq f(x^*)$$

pour un problème de maximisation ou

$$f(x) \geq f(x^*)$$

pour un problème de minimisation.

- Les problèmes de décision liés sont souvent associés à des problèmes d'optimisation. Soit $k \in D$, existe-t-il un x tel que

$$f(x) \geq k$$

repectivement

$$f(x) \leq k$$

- La classe : il existe 3 classes de problème
 - Class P : Problème de décision pour lesquels il existe un algorithme efficace de résolution.
 - Class NP : Problèmes de décision dont la solution peut être vérifiée dans un temps polynomial.
 - Class NP-complet : un problème de décision A est NP-Complet si :
 - A est dans NP.
 - Tout problème dans NP se réduit polynomialement à A. La condition (2) peut être remplacée par « Il existe un problème NP-Complet qui se réduit polynomialement à A. » Si un problème A vérifie la condition (2) mais pas la condition (1), on dit que A est NP-Dur.[27]
- La complexité : La complexité d'un problème P, notée $C(P)$, est donnée par la complexité du meilleur algorithme connu permettant de le résoudre.
- La taille : Souvent exprimé par le nombre d'étapes par lesquels on doit passer pour avoir la solution du problème. Généralement en calculant le nombre des opérations élémentaires par lequel l'algorithme de résolution passe avant de donner le résultat.[27]
- Réduction polynomiale : Soit A et B deux problèmes de décision. Une réduction polynomiale de A à B est un algorithme polynomial qui transforme toute instance α de A en une instance β de B de manière à ce que :
 - L'algorithme de transformation soit polynomial
 - Les réponses sont les mêmes, c'est-à-dire que la réponse pour α est "oui" si la réponse pour β est "oui". Par exemple, un algorithme qui vérifie si le vecteur A est trié dans l'ordre croissant peut être réduit polynomialement en un algorithme qui vérifie si le vecteur B est trié dans l'ordre décroissant, de sorte que pour chaque $\alpha \in A$ et $\beta \in B$, $\alpha = -\beta$. Si B est trié dans l'ordre décroissant, alors A est trié dans l'ordre croissant.[27] La figure ci-dessous illustre le lien entre les classes de problème.

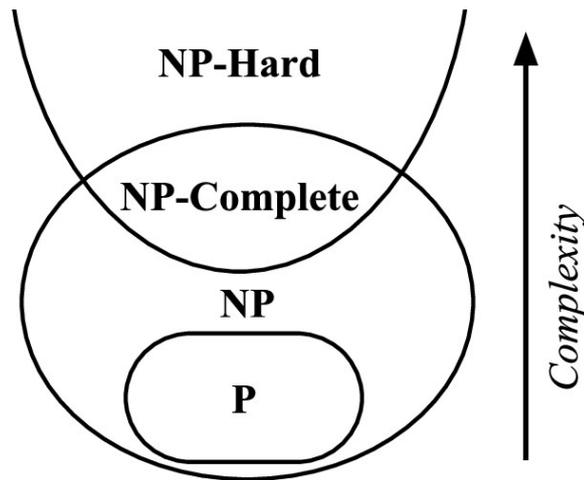


FIGURE 2.5 – Les classes de problème.

Source : [29]

Les méthodes de résolutions

il existe deux familles de méthodes de résolution : les méthodes exactes et les méthodes approchées.

- Les méthodes exactes : Ce sont des méthodes qui garantissent l'optimalité de la solution, si elle est trouvée, mais elles ne fonctionnent que pour des problèmes relativement petits. par exemple : l'énumération.
- Les méthodes approchées : Ce sont des méthodes qui trouvent une bonne solution rapidement, mais sans garantir son optimalité. par exemple les heuristiques, les métaheuristiques....

2.4.2 L'analyse multicritères

Les notions présentées dans cette partie sont issues de la référence [46].

Définitions

Espace de décisions On appelle "espace des décisions" l'espace auquel appartient le vecteur de décision x . En général, cet espace est noté \mathbb{R}^n ou \mathbb{Z}^n .

Espace des objectifs On appelle "espace des objectifs" l'espace auquel appartient l'image du vecteur de décision x par l'application définie par la matrice C . En général, cet espace est noté \mathbb{R}^r ou \mathbb{Z}^r . [46]

Ensemble admissible On appelle "ensemble admissible" et on note X l'ensemble des solutions satisfaisant le système des contraintes du problème (P) :

$$X = \{x \in \mathbb{R}_+^n \mid Ax \leq b\}$$

Image de x On appelle l'image de X , l'ensemble Y défini par :

$$Y = \{Y' \in \mathbb{R}^r \mid \exists x \in \mathbb{R}_+^n \text{ tel que } Ax \leq b \text{ et } Cx = y\}.$$

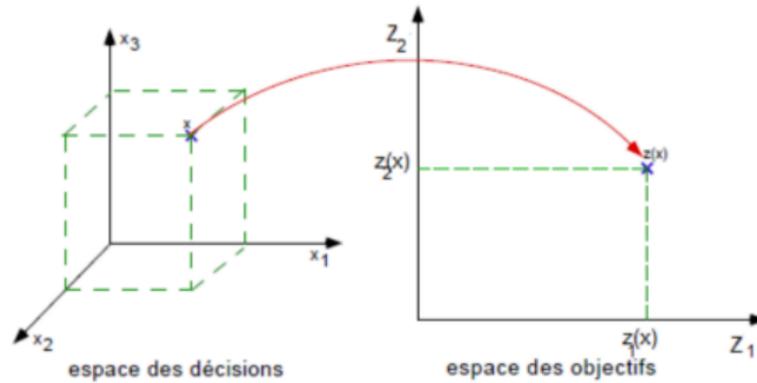


FIGURE 2.6 – Modélisation d'un problème bi-objectif.

Source : [46]

Dominance de Pareto

La dominance aux sens de Pareto est une relation binaire d'efinie entre deux points dans l'espace des objectifs :

$$y \succeq y' \iff \begin{cases} y_k \geq y'_k, & \forall k \in \{1, 2, \dots, r\} \\ \exists j \in \{1, 2, \dots, r\} \text{ tel que } y_j > y'_j \end{cases}$$

Ceci signifie que la solution x doit être au moins aussi bonne que x' vis-à-vis de tous les objectifs f_k ($k \in \{1, 2, \dots, r\}$).

Solutions equivalentes

Deux solutions admissibles x et x' sont dites équivalentes si et seulement si elles ont le même point image dans l'espace des objectifs.

Propriétés de la relation de dominance de Pareto

1. La relation de dominance n'est pas réflexive; en effet, un point (vecteur de \mathbb{R}^r) ne se domine jamais par lui-même.
2. La relation de dominance n'est pas symétrique, car un point dominant un autre ne peut pas être dominé par ce dernier.
3. La relation de dominance est asymétrique, car il est impossible que a domine b et b domine a en même temps.
4. La relation de dominance est transitive : $y \succeq y'$ et $y' \succeq y'' \Rightarrow y \succeq y''$.

La relation de dominance \succeq est donc une relation d'ordre partiel strict sur \mathbb{R}^r .

Types de dominance de Pareto

On définit une relation de dominance dans l'espace des objectifs, notée par \succ :

$$y \succ y' \iff y_k > y'_k, \forall k \in \{1, 2, \dots, r\}$$

- $\forall y, y' \in \mathbb{R}^r$, y domine fortement y' si et seulement si $y \succ y'$.
- $y \in \mathbb{R}^r$ est faiblement non dominée si $\nexists z \in \mathbb{R}^r$ tel que $z \succ y$.

Front de Pareto et frontiere efficace

Soit $y^* \in Y$. Le point y^* est dit non dominé ou Pareto-optimal, s'il n'existe aucun autre point réalisable $y \in Y$ tel que $y \succeq y^*$.

Solution efficace

Soit $x^* \in X$. La solution x^* est dite efficace, s'il n'existe aucune autre solution admissible $x \in X$ telle que $Cx \succeq Cx^*$. Soit $x^* \in X$. La solution x^* est dite efficace, s'il n'existe aucune autre solution admissible $x \in X$ telle que $Cx < Cx^*$.

Le point non dominé

Si x est une solution efficace, $f(x)$ est appelé point non dominé. Si $x_1, x_2 \in X$ et $f(x_1) \leq f(x_2)$, on dit que x_1 domine x_2 et que $f(x_1)$ domine $f(x_2)$.

L'ensemble de tous les points non dominés $y = f(x) \in Y$, où $x \in XE$, est noté YN et appelé ensemble non dominé.[45]

2.4.3 Méthodes de résolution du SLAP

Nous avons précédemment défini le problème de SLAP et il est important de souligner qu'il est classé comme un problème NP-Dur. Ce problème présente de nombreux variants en fonction du nombre de produits et des caractéristiques de stockage dans l'entrepôt.[33] Pour le résoudre, et selon le type d'affectation des produits en stock, il existe une variété de méthodes.

Les types d'affectations

Les produits peuvent être attribués à des emplacements de stockage de manière arbitraire ou en fonction de certains critères. La première option est souvent appelée "politique aléatoire". La deuxième option est appelée "stockage dédié".

Le stockage aléatoire attribue les références d'articles à des emplacements de manière arbitraire sur l'horizon de planification, tandis qu'avec le stockage dédié, les emplacements sont réservés à des produits spécifiques dans un entrepôt. Ces deux politiques représentent les extrêmes. Entre ces politiques extrêmes, se trouve la politique de stockage basée sur les classes.[28]

La politique de stockage basée sur des classes

En utilisant un critère approprié tel que le volume ou le taux de rotation, la politique de stockage basée sur les classes divise le problème de SLAP en deux sous-problèmes : l'affectation des produits à une classe spécifique, puis l'affectation de chaque classe à une région de stockage dans l'entrepôt.

Le stockage basé sur les classes est une méthode populaire en raison de ses nombreux avantages, notamment sa mise en œuvre simple et sa facilité de maintenance[28].

Il est important de noter que la politique aléatoire est en réalité équivalente à la politique basée sur les classes avec une seule classe, tandis que la politique dédiée attribue une classe distincte à chaque produit[28].

La politique de stockage basé sur des classe, méthode ABC

La politique de stockage ABC est basée sur l'analyse ABC, également appelée analyse de Pareto. Cette analyse consiste à classer les articles en trois classes (A, B et C) en fonction de leur contribution au nombre total de lignes de commande.[28]

Les articles de classe A, également appelés produits à forte rotation, représentent une petite partie (10%) de l'ensemble des articles, mais génèrent le plus grand nombre de lignes de commande. En revanche, les articles de classe C, également appelés produits à rotation lente, représentent une grande partie (70%) des articles, mais génèrent le plus faible nombre de lignes de commande[28].

Nous allons donc utiliser cette méthode afin de classer les produits en 3 classes, selon leurs taux de rotation. La politique de stockage ABC est basée sur l'analyse ABC, également appelée analyse de Pareto. Cette analyse consiste à classer les articles en trois classes (A, B et C) en fonction de leur contribution au nombre total de lignes de commande.[28]

Les articles de classe A, également appelés produits à forte rotation, représentent une petite partie (10%) de l'ensemble des articles, mais génèrent le plus grand nombre de lignes de commande. En revanche, les articles de classe C, également appelés produits à rotation lente, représentent une grande partie (70%) des articles, mais génèrent le plus faible nombre de lignes de commande [28].

Nous allons donc utiliser cette méthode afin de classer les produits en 3 classes, selon leurs taux de rotation.

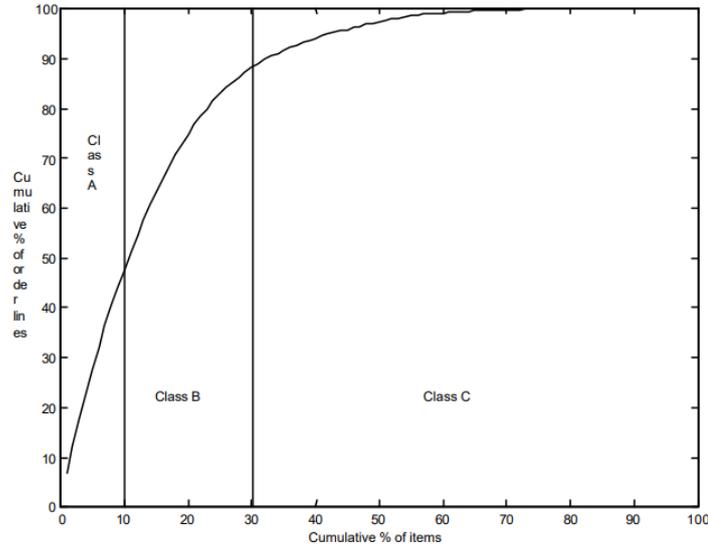


FIGURE 2.7 – Courbe de la méthode ABC.

Source : [28]

La courbe représente la classification des produits en 3 classes, basée sur un critère tel que la demande ou le chiffre d'affaires. Les produits ont été triés par ordre décroissant en fonction de ce critère, puis un cumul de la mesure choisie a été calculé. Ensuite, les produits ont été regroupés de manière à ce que les 10 % premiers appartiennent à la classe A, les 20 % suivants à la classe B, et le reste à la classe C.

Remarque : Les pourcentages utilisés pour délimiter les classes peuvent varier d'un cas à l'autre. Par exemple, on peut utiliser les pourcentages (20 %, 80 %) au lieu de (10 %, 70 %). Cependant, le principe de la méthode doit rester le même.

L'implémentation des classes dans l'entrepôt

Une fois que les produits ont été répartis en 3 classes, l'étape suivante consiste à attribuer chaque classe à une zone spécifique dans l'entrepôt. Cette allocation peut être réalisée de différentes manières, et ces méthodes seront illustrées dans la figure ci-dessous :

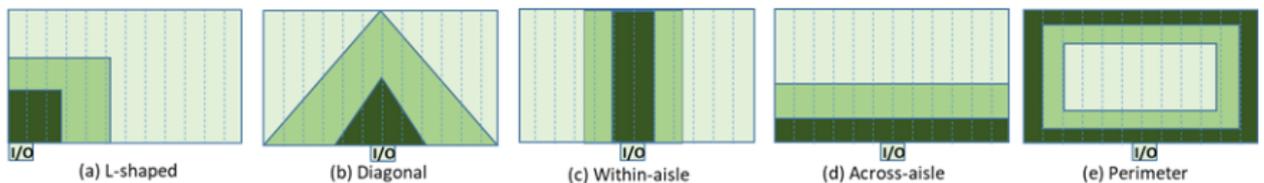


FIGURE 2.8 – Implémentation des classes dans un entrepôt.

Source : [28]

Dans cette figure, chaque classe est représentée par une couleur. Allant du plus foncé au plus clair, les classes correspondantes sont la classe A, suivie de la classe B et enfin la classe

C. On remarque que les produits sont affectés de manière à ce que plus on s'éloigne du point d'entrée/sortie (I/O), plus on trouve des produits à rotation faible.

2.5 Order picking

La préparation de commande est le processus de récupération des articles du stock afin de satisfaire une commande spécifique d'un client, ce qui est reconnu comme la fonction la plus intensive en main-d'œuvre et la plus coûteuse parmi toutes les fonctions de l'entrepôt.[25]

2.5.1 L'optimisation de l'opération de préparation de commande

Il est primordial d'optimiser l'opération de préparation de commande, car elle influence directement le niveau de service offert aux clients et l'efficacité globale de l'entrepôt. Une optimisation de cette opération permet d'améliorer le niveau de service, réduire les erreurs de préparation et diminuer les coûts.

La performance de cette opération, est souvent mesurer par soit le temps de préparation de commande ou la distance parcouru lors de la préparation d'une commande.

le temps de préparation d'une commande se compose de :

- Temps de parcours
- Temps de localisation.
- Temps de prélèvement.
- Temps de tâche administrative reliée.[30]

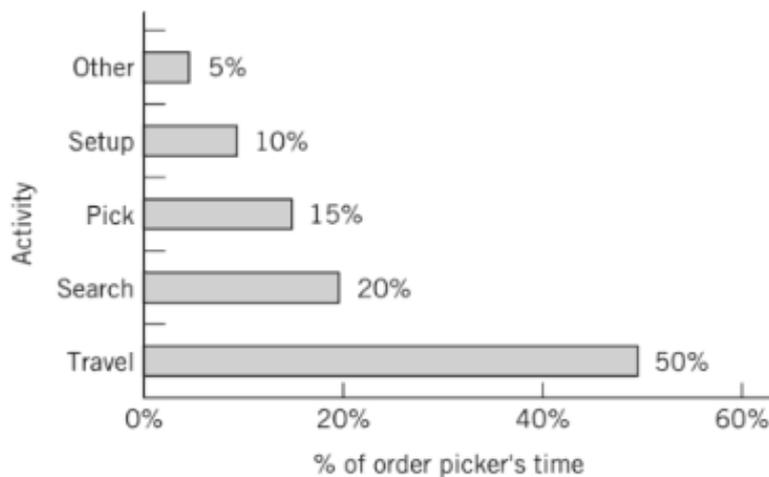


FIGURE 2.9 – Répartition du temps de préparation de commande.

Source : [30]

Il est évident que dans la figure ci-dessus, le temps de parcours ou de déplacement représente la moitié du temps total de préparation, il est nécessaire de penser à l'optimiser en utilisant des politiques de routage.

2.5.2 Les politiques de routage

Il existe plusieurs méthodes de routage qui permettent de réduire le temps de parcours, voici quelques exemples :

- Les méthodes exactes : Le problème de routage lors de la préparation de commandes dans un entrepôt, est un cas particulier du Problème du Voyageur de Commerce (PVC). Un certain nombre d'emplacements doivent être visités dans le but de parcourir le moins de distance possible. Pour le PVC, il n'existe pas d'algorithme polynomial connu qui puisse trouver les itinéraires les plus courts. Cependant, pour les entrepôts avec un bloc, un algorithme de routage efficace a été développé par Ratliff et Rosenthal (1983). Leur méthode utilise la programmation dynamique pour résoudre le problème. Les extensions de l'algorithme à un plus grand nombre de blocs sont complexes.[31]
- Les heuristiques :
 - Aisle-By-aisle : Cette heuristique, destinée aux entrepôts comportant plusieurs Blocs, les itinéraires de préparation de commande résultant de cette heuristique visitent chaque allée de prélèvement exactement une fois. Autrement dit, tous les articles de la première allée de prélèvement sont prélevés, puis tous les articles de la deuxième allée, et ainsi de suite. [31]
 - Le S-Shape : essentiellement, toute allée contenant au moins un emplacement de prélèvement est parcourue sur toute sa longueur. Les allées où rien ne doit être prélevé sont ignorées.[31]
 - The Largest Gap : cette heuristique suit essentiellement le périmètre de chaque bloc, en entrant dans les allées lorsque cela est nécessaire. On se rend d'abord au bloc le plus éloigné, puis on avance bloc par bloc vers l'avant de l'entrepôt.[30]
 - Combined : La méthode de routage combinée génère des itinéraires telles que Chaque allée contenant des articles est visitée exactement une fois. L'itinéraire commence et se termine au dépôt. Le préparateur de commandes passe par l'allée de prélèvement la plus à gauche contenant des articles jusqu'au bloc le plus éloigné du dépôt contenant des articles.[31]
- Les métaheuristiques : Les méta-heuristiques ont également été proposées pour résoudre le problème dans les entrepôts à plusieurs blocs, et dans de nombreux cas, elles sont basées sur l'ACO (La Colonie De Fourmis en anglais :Ant Colony Optimization). [32].

Chacune de ces méthodes peut donner de bons résultats en fonction du cas étudié. Cependant, il est fréquent d'utiliser des heuristiques pour résoudre ce problème, comme le montre la figure ci-dessous. Les heuristiques offrent des solutions efficaces et rapides pour optimiser l'opération de préparation de commandes.

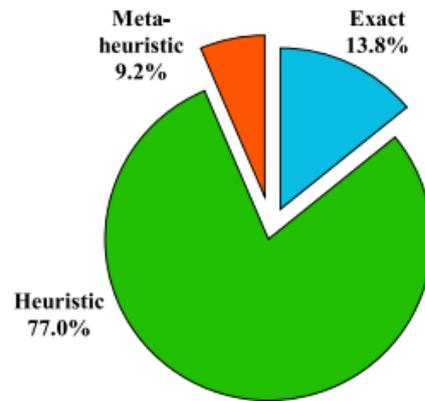


FIGURE 2.10 – La fréquence d'utilisation des politiques de routing.

Source : [32]

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté toutes les notions nécessaires et acquises pour la réalisation de notre travail. Ces notions sont relatives à l'étude et à la conception d'un entrepôt, ainsi qu'à son aménagement. Maintenant, nous allons situer clairement notre problématique et expliquer la manière dont nous l'avons résolue.

Chapitre 3

Méthodologie de résolution

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons abordé toutes les notions théoriques relatives à la conception d'un entrepôt. Dans cette partie, nous allons expliquer la méthode de résolution de la problématique introduite au premier chapitre.

3.2 Formulation du problème

Précédemment, nous avons discuté des services proposés par UPS monde et UPS Algérie. Nous avons constaté que les caractéristiques du marché algérien limitent UPS Algérie dans l'offre de certains services tels que la prestation 3PL. Cette limitation est due au niveau technologique avancé d'UPS monde pour le service de prestation 3PL, qui considère qu'il n'est pas rentable d'investir en Algérie car la plupart des entreprises algériennes ne sont pas de la même envergure que les clients d'UPS dans le monde.

Cependant, nous avons jugé nécessaire de trouver un moyen d'offrir ce service en Algérie, compte tenu du nombre important de PME en Algérie qui représentent un marché intéressant pour UPS Algérie, à condition qu'elle parvienne à adapter ses moyens à la taille de ces entreprises.

Notre mission était de créer un outil stratégique pour UPS Algérie afin de faciliter la sélection de ses clients, en utilisant des ressources limitées et l'espace disponible. Notre outil permettra de trouver un Layout optimisé pour déterminer si UPS Algérie peut accepter ou non un client donné.

Le Layout proposé se concentre uniquement sur la zone de stockage, car les autres zones telles que la réception, l'expédition, l'emballage, etc. ont déjà été mises en place et seront partagées par l'ensemble des clients d'UPS. De plus, ces zones assureront les autres services existants d'UPS Algérie.

Pour relever ce défi, dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons considéré cet objectif comme un problème de conception d'entrepôt, plus précisément de la zone de stockage. Ce problème peut être décomposé en trois principaux sous-problèmes :

- Sous problème 1 : Problème de Layout de la zone de stockage (Optimal Layouts of Order-Picking Area).
- Sous problème 2 : Problème d'affectation des produits en stock (SLAP : Storage location Assignment Problem).
- Sous problème 3 : Problème de préparation de commande (Order Picking Problem).

En effet, il est nécessaire de préciser qu'il existe une interdépendance entre ces sous-problèmes. On ne peut pas définir un Layout optimisé sans prendre en compte le problème de préparation de commandes, qui est également lié au problème d'affectation des produits en stock. Ces sous-problèmes sont liés et doivent être résolus de manière cohérente pour parvenir à une solution globale optimisée.

3.3 Hypothèses

Afin de résoudre ce problème, on considère les hypothèses suivantes :

- La prise de décision concernant l'acceptation d'un client repose sur deux paramètres : la disponibilité de l'espace de stockage et la capacité des autres zones qui dépendent du flux de réception et de livraison exigé par le client. Dans ce travail, nous nous concentrerons uniquement sur la première partie de la décision en raison des données dont nous disposons.
- Le service proposé concerne les marchandises palettisées.
- Le stock de détail s'effectue dans la zone de stock de réserve afin d'optimiser l'utilisation de l'espace disponible. Ainsi, il sera positionné au premier niveau de stockage, juste en dessous du stock de réserve, facilitant ainsi l'accès à un opérateur à pied.
- L'outil utilise des méthodes de calcul qui ne peuvent pas être directement appliquées lorsque la demande présente une forte saisonnalité. Dans de tels cas, il est nécessaire que le client apporte des corrections ou ajustements afin d'exprimer correctement son besoin. (la différence entre une saisonnalité et une forte saisonnalité est expliquée dans l'annexe numéro 1).
- Il est essentiel que le client effectue le calcul de la quantité économique sur un horizon étendu. L'objectif est d'optimiser la conception des zones pour assurer une réponse adéquate et durable à ses besoins.

Ce que l'on attend comme données initiales :

Pour réaliser la conception de la zone de stockage, nous avons besoin de collecter un ensemble de données fournies par le client potentiel d'UPS. Ces données sont essentielles pour le bon fonctionnement de notre outil. Selon les objectifs calculés, voici les informations nécessaires pour chaque calcul :

Pour le calcul du besoin en surface de stockage :

- La désignation du produit.
- La quantité économique.
- La consommation moyenne journalière.
- Les délais moyens de retard fournisseurs.
- Les délais moyens de retard de livraison.
- Le pourcentage de variation entre les prévisions et la réalité.
- Le stock moyen.

Pour l'affectation des produits en stocks :

- La désignation de chaque produit.
- La demande sur chaque produit, sur un horizon étendu.

3.4 Vue d'ensemble

Cet organigramme résume notre méthode de résolution :



FIGURE 3.1 – Organigramme résumant les étapes de résolution appliquées.

3.5 Etapes de résolution

Le processus de résolution se déroulera en plusieurs étapes :

- Calcul des besoins de stockage.
- Résolution du problème de Layout de la zone de stockage en prenant en compte la résolution du problème SLAP et de préparation de commande à chaque étape.

- Sélection d'un Layout optimisé.

En ce qui suit, nous allons détailler la méthodologie utilisée lors de chaque étape

3.5.1 Calcul de besoin en stockage

Une fois que toutes les informations nécessaires mentionnées précédemment ont été recueillies, nous procédons au calcul du besoin en surface de stockage, que nous exprimons pour le moment en termes d'unités de stock et non pas en surface.

Tout d'abord, nous procédons au calcul du stock-outil pour chaque produit en utilisant les données suivantes : la quantité économique, la consommation moyenne journalière, les délais moyens de retard des fournisseurs et de livraison, ainsi que le pourcentage de variation. La méthode de calcul a été expliquée précédemment dans le chapitre 2, pour le cas d'un stockage banalisé.

Ensuite, nous multiplions chaque stock-outil par le coefficient de stock moyen, tel que décrit dans le deuxième chapitre.

Nous procédons ensuite au calcul de la somme des stock-outils de tous les produits. Ainsi, nous déterminons la capacité nécessaire pour la zone de stockage en termes de nombre de palettes.

Enfin, nous convertissons le nombre de palettes en nombre de racks, sachant qu'un rack peut contenir 6 palettes euro. Ainsi, nous obtenons le nombre de racks requis pour la zone de stockage (voir la fiche technique d'un rack en annexe numéro 2).

3.5.2 Résolution du problème de Layout

Pour trouver un Layout optimisé de la zone de stockage, nous devons passer à chaque fois par la résolution du problème d'affectation des produits en stocks suivit par la résolution du problème de préparation de commande. Nous avons donc, sélectionné une politique de résolution pour le SLAP et une heuristique spécifique pour résoudre le problème de préparation de commande. Nous allons les définir et expliquer en détail.

Résolution du problème d'affectation des produits en stock :

Nous avons choisi d'utiliser une politique de stockage basée sur des classes pour résoudre le problème de stockage et de préparation de commande (SLAP). Cette approche permet d'optimiser à la fois l'utilisation de l'espace de stockage et l'efficacité lors de la préparation des commandes. Dans ce cas, on avait précédemment précisé que le SLAP, peut être décomposé en 2 sous problèmes : L'affectation des produits à une classe spécifique, puis l'affectation de chaque classe à une zone de stockage dans l'entrepôt.

- Pour résoudre le premier sous-problème : Pour Nous avons opté pour l'utilisation de la classification ABC (20%, 80%). Le critère choisi pour classer les produits est leur demande, car il est représentatif dans le cas de conception.

Les produits seront classés selon leur demande, en les ordonnant de manière décroissante. Ensuite, nous calculerons la demande cumulée. Les premiers 20% produits seront classés comme appartenant à la classe A, tandis que les 30% produits suivants constitueront la classe B. Les produits restants seront regroupés dans la classe C.

- Pour résoudre le deuxième sous-problème :

Une fois que les produits ont été classés en 3 classes, il ne reste qu'à les attribuer à leur zone respective dans l'entrepôt. La question qui se pose est donc la suivante : comment diviser la zone de stockage en 3 zones distinctes et sur quelle base affecter chaque classe à sa zone correspondante ?

En effet, il existe plusieurs méthodes de délimitation des zones de l'entrepôt qui ont été détaillées dans le deuxième chapitre. Parmi celles-ci, nous avons opté pour la méthode la plus fréquemment utilisée et celle que nous avons rencontrée lors de nos stages, appelée méthode "Across Aisle". Cette méthode sera illustrée dans la figure ci-dessous.

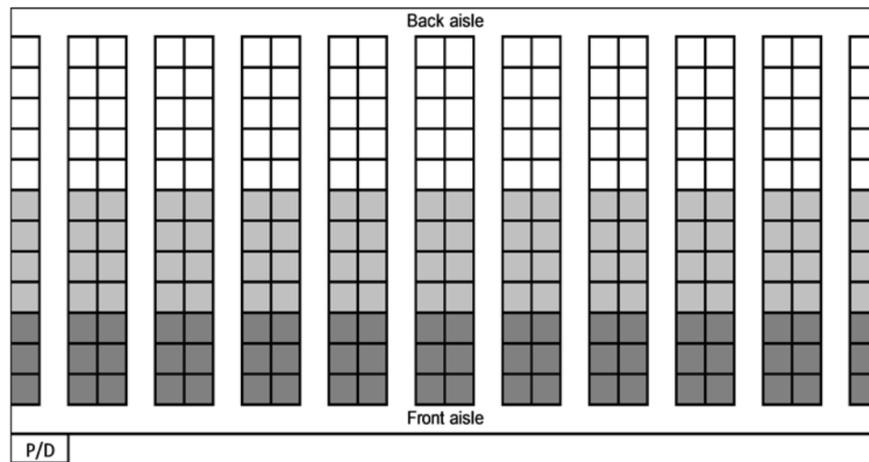


FIGURE 3.2 – Across Aisle.

Source : [41]

Résolution du problème de préparation de commande

En effet, on avait précédemment discuté qu'il existe plusieurs méthodes de résolution du problème de préparation de commande, parmi ces méthodes on a choisi d'utiliser, une heuristique appelé Combined.

- Pourquoi Combined ?

La méthode Combined génère des itinéraires ayant une structure claire et facile à comprendre. Les itinéraires ayant un schéma clair réduisent le temps passé par les préparateurs de commandes à la recherche d'emplacements et réduisent le risque d'erreurs de préparation [17]. Cette méthode peut s'appliquer dans le cas d'une zone de stockage a multi blocks et elle donne de bons résultats comparé aux autre méthodes chose qui a été prouver par une étude mentionnée en référence numéro 1.

- Principe générale de Combined :

Chaque allée, qui contient des articles, est visitée exactement une fois. L'itinéraire commence et se termine à l'entrée. Le préparateur de commandes passe par l'allée de prélèvement la plus à gauche qui contient des articles jusqu'au bloc le plus éloigné de l'entrepôt qui contient des articles. Les allées du bloc le plus éloigné sont visitées séquentiellement de gauche à droite. Ensuite, le préparateur de commandes passe au bloc suivant (un bloc plus près de l'entrepôt). Les articles de ce bloc sont prélevés. Ce processus est répété jusqu'à ce que tous les blocs contenant des articles aient été visités. Les allées de chaque bloc sont soit entièrement traversées, soit le préparateur de commandes entre et sort de l'allée par le même côté. Ces choix sont effectués à l'aide d'une méthode de programmation dynamique [31].

Remarque : Cette heuristique considère que chaque commande sera préparée par un seul préparateur. Dans une zone de stockage existe un seul point d'entrée et de sortie (I/O) qui sera tout en bas à gauche.

Les informations relatives à la méthode Combined que nous présentons dans ce chapitre sont issues principalement de la référence [31]

On définit les variables suivantes :

- On appelle sous-allée la partie de l'allée qui se trouve dans un bloc i .
- On appelle une tournée partielle la tournée de prélèvement dans un bloc i .
- k : le nombre de blocs.
- n : le nombre de sous-allées de prélèvement.

On désigne certains emplacements physiques dans l'entrepôt comme suit :

- a_{ij} : l'extrémité arrière de la sous-allée j dans le bloc i , pour chaque bloc $i, i = 1, \dots, k$ et pour chaque sous-allée $j, j = 1, \dots, n$.
- b_{ij} : l'extrémité avant de la sous-allée j dans le bloc i , pour chaque bloc $i, i = 1, \dots, k$ et pour chaque sous-allée $j, j = 1, \dots, n$.
- d : l'entrée de la zone de stockage.

Remarque : pour $i = 1, 2, \dots, k - 1$, il est vrai que $b_{ij} = a_{(i+1)j}$. Cela est dû au fait qu'on suppose que les préparateurs de commandes traversent le milieu des allées transversales. La distance de l'extrémité d'une sous-allée au centre d'une allée transversale est administrée comme si elle appartenait à la sous-allée.

La programmation dynamique :

La programmation dynamique est une heuristique qui génère une tournée de prélèvement dans un seul bloc i (tel que $i = 1, \dots, k$). La tournée commence à la sous-allée la plus à gauche qui contient des articles (c) et se termine à la sous-allée la plus à droite qui contient des articles (r). On définit L_j comme un itinéraire partiel visitant tous les emplacements de prélèvement dans les sous-allées de c à j , et nous distinguons deux classes d'itinéraires partiels :

L_{ia} : qui est un itinéraire partiel qui se termine à l'extrémité arrière de la sous-allée j .

L_{jb} : qui est un itinéraire partiel qui se termine à l'extrémité avant de la sous-allée j .

Il existe deux façons de passer de la sous-allée $j - 1$ à la sous-allée j :

t_a : qui traverse de $j - 1$ vers j par l'arrière du bloc.

t_b : qui traverse de $j - 1$ vers j par l'avant du bloc.

De plus, il existe quatre façons de prélever tous les articles dans la sous-allée j . Ces quatre transitions sont :

t_1 : traverse entièrement la sous-allée.

t_2 : ne pas entrer du tout dans cette sous-allée.

t_3 : entrer et sortir de la sous-allée par l'avant du bloc.

t_4 : entrer et sortir de la sous-allée par l'arrière du bloc.

Clairement, la transition t_2 n'est autorisée que si la sous-allée ne contient aucun article.

Avec $L_j + t_w$, nous désignons que la tournée partielle L_j sera suivie de la transition t_w ($w = 1, 2, 3, 4, a, b$).

La fonction $c(\cdot)$ donne le temps de déplacement associé à son argument, par exemple $c(L_{jb} + t_1)$ donne le temps nécessaire pour parcourir la tournée partielle L_{jb} plus le temps nécessaire pour parcourir la transition t_1 .

Notez que les transitions ne contiennent que des informations sur la manière d'entrer et de sortir des sous-allées. Le chemin exact à l'intérieur de la sous-allée et le temps de déplacement associé à une transition dépendent des emplacements des articles dans la sous-allée en question.

Les étapes de la programmation dynamique :

Une fois que nous avons défini les paramètres nécessaires à l'application de cette méthode, nous passons aux étapes de son application.

Étape 1 :

On considère le bloc i .

Si le bloc i est le bloc le plus éloigné du dépôt qui contient des articles, alors on commence avec les deux tournées partielles suivantes :

L_i^a : qui commence au nœud b_{il} , se termine au nœud a_{il} et consiste en la transition t_1 .

L_i^b : qui commence et se termine au nœud b_{il} et consiste en la transition t_3 .

Sinon, on commence avec les deux tournées partielles suivantes :

L_i^a : qui commence et se termine au nœud a_{il} et consiste en la transition t_4 .

L_i^b : qui commence au nœud a_{il} , se termine au nœud b_{il} et consiste en la transition t_1 .

Étape 2 :

Pour chaque sous-allée consécutive j ($l < j < r$), nous déterminons L_j^a et L_j^b de la manière suivante :

Si la sous-allée j contient des articles, alors :

$$L_j^a = \begin{cases} L_{(j-1)}^a + t_a + t_4 & \text{si } c(L_{(j-1)}^a + t_a + t_4) < c(L_{(j-1)}^b + t_b + t_1) \\ L_{(j-1)}^b + t_b + t_1 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$L_j^b = \begin{cases} L_{(j-1)}^b + t_b + t_3 & \text{si } c(L_{(j-1)}^b + t_b + t_3) < c(L_{(j-1)}^a + t_a + t_1) \\ L_{(j-1)}^a + t_a + t_1 & \text{sinon} \end{cases}$$

Si la sous-allée j ne contient pas d'articles, alors :

$$L_j^a = L_{(j-1)}^a + t_a. L_j^b = L_{(j-1)}^b + t_b.$$

Étape 3 :

Pour la dernière sous-allée du bloc (sous-allée r), nous déterminons :

$$L_r^b = \begin{cases} L_{(r-1)}^b + t_b + t_3 & \text{si } c(L_{(r-1)}^b + t_b + t_3) < c(L_{(r-1)}^a + t_a + t_1) \\ L_{(r-1)}^a + t_a + t_1 & \text{sinon} \end{cases}$$

La tournée partielle résultante L_r^b sera utilisée pour former l'itinéraire complet de préparation de commande. À cette étape, nous n'avons plus besoin de L_r^a .

En effet, une fois que tous les articles ont été prélevés dans un bloc, nous devons nous rendre à l'avant du bloc afin de pouvoir passer au bloc suivant.

Les étapes de la méthode Combined :

Jusqu'à présent, nous avons décrit la méthode dynamique qui génère l'acheminement dans un seul bloc. Nous allons maintenant donner une description de l'heuristique Combined, qui utilise cette méthode de programmation dynamique pour les blocs individuels [17].

L'itinéraire commence et se termine au dépôt. Tout d'abord, le préparateur de commandes se rend dans le bloc le plus éloigné du dépôt qui contient des articles en passant par la travée de prélèvement la plus à gauche qui contient des articles. Les articles de la travée de prélèvement la plus à gauche sont prélevés, puis les articles du bloc le plus éloigné sont prélevés. Ensuite, le préparateur de commandes se déplace d'un bloc vers le dépôt et prélève tous les articles de ce bloc. Ce processus est répété jusqu'à ce que tous les blocs contenant des articles aient été visités.

1. Déterminer la travée de prélèvement la plus à gauche qui contient au moins un emplacement de prélèvement (appelée travée de prélèvement gauche) et déterminer le bloc le plus éloigné du dépôt qui contient au moins un emplacement de prélèvement (appelé bloc le plus éloigné).
2. L'itinéraire commence en allant du dépôt à l'avant de l'allée de prélèvement gauche.
3. Parcourir l'allée de prélèvement gauche jusqu'à l'allée transversale avant du bloc le plus éloigné (bloc i_{\min}).
4. Définir $i = i_{\min}$.
5. Déterminer si le bloc i contient des articles qui n'ont pas été prélevés à l'étape 3.
 - Si aucun article ne doit être prélevé dans le bloc i :
parcourir la sous-allée de bloc i la plus proche pour atteindre le bloc suivant. Continuer avec l'étape 7.
 - Si des articles doivent être prélevés dans le bloc i :
déterminer la sous-allée de bloc la plus à gauche et la sous-allée la plus à droite qui contiennent des articles (respectivement travée c et travée r), en excluant toute travée qui a déjà été visitée à l'étape 3. Aller depuis la position actuelle vers la plus proche de ces deux sous-allées (j_{\min}).

6. Appliquer la méthode de programmation dynamique de la section au bloc i .

- Si à l'étape 5 $j_{\min} = c$:
alors ajouter la tournée partielle résultante de l'algorithme de programmation dynamique au chemin de préparation de commande.
- Si $j_{\min} = r$: alors inverser la tournée partielle résultante de l'algorithme de programmation dynamique (l'itinéraire commence alors dans la sous-allée r et se termine dans la sous-allée c).

Ajouter cette tournée partielle inversée au chemin de préparation de commande. Inverser le parcours signifie que le préparateur de commandes visitera les sous-allées de droite à gauche. Les calculs ont été effectués de gauche à droite.

7. Lorsque le bloc k (le bloc le plus proche du dépôt) a été évalué, le préparateur de commandes retourne au dépôt. Sinon, augmenter i de 1 et retourner à l'étape 5.

Remarque : Dans notre cas, il est plus significatif de mesurer la distance de préparation de commande plutôt que le temps. Ainsi, la fonction $c()$ sera utilisée pour mesurer la distance de préparation de commande au lieu du temps.

Maintenant qu'on a défini la politique d'affectation des produits en stock et l'heuristique de préparation de commande, nous passons à l'explication de la méthode de choix du Layout.

Comment trouver un Layout optimisé ?

Nous proposons de générer plusieurs Layout en variant deux critères : le nombre de blocs et le nombre d'allées. Ces configurations seront ensuite comparées en fonction de deux critères de performance : le coût, qui correspond à la surface utilisée, et le niveau de service, qui mesure le temps de préparation de commande ou la distance moyenne parcourue lors de cette opération.

En ce qui concerne le nombre de blocs, nous suggérons de tester trois valeurs : 1 bloc (single block en anglais), 2 blocs ou 3 blocs (multiblock).

Quant au nombre d'allées, nous proposons de le varier selon les options suivantes :

Dans nos calculs, nous considérons la longueur L et la largeur l de l'entrepôt pour déterminer la surface de zone de stockage S et le besoin en emplacements B . Le nombre d'allées N et le nombre d'emplacements par allée Q sont également pris en compte pour le calcul de B .

$$S = L \times l$$

$$B = N \times 2 \times Q$$

$$\begin{cases} \frac{N}{2 \times Q} = 1 \\ \frac{N}{2 \times Q} = \frac{1}{2} \\ \frac{N}{2 \times Q} = 2 \end{cases}$$

ce qui implique que :

$$\begin{cases} N = \sqrt{B} \\ N = \sqrt{\frac{B}{2}} \\ N = \sqrt{2 \times B} \end{cases}$$

Donc on définit les deux ensembles suivant :

Ensemble 1 qui représente le nombre de blocs : $\{1, 2, 3\}$

Ensemble 2 qui représente le nombre d'allées : $\{\sqrt{\frac{B}{2}}, \sqrt{B}, \sqrt{2B}\}$

Le produit cartésien des deux ensembles donne l'ensemble résumé dans le tableau ci-dessus :

	1 bloc	2 blocs	3 blocs
$\sqrt{\frac{B}{2}}$ allées	1 bloc, $\sqrt{\frac{B}{2}}$ allées	2 blocs, $\sqrt{\frac{B}{2}}$ allées	3 blocs, $\sqrt{\frac{B}{2}}$ allées
\sqrt{B} allées	1 bloc, \sqrt{B} allées	2 blocs, \sqrt{B} allées	3 blocs, \sqrt{B} allées
$\sqrt{2B}$ allées	1 bloc, $\sqrt{2B}$ allées	2 blocs, $\sqrt{2B}$ allées	3 blocs, $\sqrt{2B}$ allées

TABLE 3.1 – Ensemble résultant du produit cartésien

Remarque : Pour le nombre d'allées, les chiffres doivent être arrondis à la valeur supérieure.

3.5.3 Sélection d'un Layout optimisé

Après avoir obtenu toutes les combinaisons possibles résultant du produit cartésien, il est maintenant nécessaire de les évaluer.

Pour chaque combinaison, nous allons appliquer la politique d'affectation des produits en stock décrite précédemment. Ensuite, nous évaluerons la distance moyenne parcourue pour 1000 bons de commande distincts et calculerons la surface résultante de ce Layout. Les résultats obtenus seront ensuite comparés les uns aux autres afin de déterminer le meilleur Layout selon chaque critère.

	Nombre de blocs	nombre d'allées	L	I	S	distance moyenne de préparation de commande
Les combinaisons de 1 à 9						

TABLE 3.2 – Résultats de calcul de Layout et son évaluation pour chaque combinaison

Ce tableau servira de base à la décision du décideur d'UPS pour choisir le Layout qui convient le mieux. Toutefois, il est crucial de souligner que la décision d'accepter ou de refuser un client ne peut pas se baser uniquement sur les besoins en surface de stockage. Il est tout aussi important de prendre en compte la capacité des zones partagées par l'ensemble des clients d'UPS pour s'assurer qu'elles peuvent accueillir le flux de marchandises du nouveau client.

Remarque : Tous les pseudocodes des étapes de résolution sont disponibles en annexe numéro 3.

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons expliqué la méthode que nous avons suivie pour résoudre la problématique constatée chez UPS. Dans le chapitre suivant, nous allons discuter des outils utilisés pour son implémentation. Nous l'appliquerons ensuite à un cas réel afin de tester et discuter les résultats qu'elle fournit.

Chapitre 4

Implémentation et étude expérimentale

4.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons exposé la méthodologie que nous allons suivre pour résoudre notre problématique, et justifié nos choix des politiques et heuristiques utilisées. Dans ce chapitre, nous allons aborder les outils que nous avons utilisés pour concrétiser notre solution, ainsi que les résultats obtenus après avoir appliqué cette méthode à un cas réel. Enfin, nous concluons en expliquant en détail l'interface de notre outil afin de bien comprendre comment l'utiliser.

4.2 Environnement de travail

Afin de réaliser notre projet nous avons utilisé plusieurs outils pour la programmation de la solution sur PC. Nous avons donc choisi un langage de programmation, un environnement de développement et des outils d'aide. Commençant, par l'explication de chacun de ces choix.

4.2.1 Python

Python, un langage de programmation open source largement utilisé par les informaticiens, a connu une ascension fulgurante dans les domaines de la gestion d'infrastructure, de l'analyse de données et du développement de logiciels[36].

L'une de ses principales forces réside dans sa capacité à permettre aux développeurs de se concentrer sur leur travail plutôt que sur les détails techniques. Contrairement aux anciens langages, Python libère ses utilisateurs des contraintes de syntaxe qui occupaient une grande partie de leur temps, La raison pour laquelle nous avons choisie de programmer notre solution avec ce langage.

4.2.2 Pandas

Pandas est une bibliothèque conçue spécifiquement pour le langage de programmation Python, offrant des fonctionnalités avancées pour la manipulation et l'analyse de données. Elle a été développée dans le but de simplifier les tâches liées à la gestion et à l'exploration de données, et elle est devenue un outil essentiel pour les scientifiques des données, les analystes et les programmeurs.[37]

Pour notre cas, on a utilisé cette bibliothèque afin de récupérer les données en entrée nécessaire et faciliter leurs organisation en data frames. les data frames sont des tableaux à deux dimensions, qui correspondent aux axes des lignes (axis = 0) et des colonnes (axis = 1).[38]

4.2.3 Tkinter

Le module inter (Tkinter) est un module de la bibliothèque standard de Python et offre une fonctionnalité essentielle pour la création d'interfaces graphiques. Grâce à Tkinter, il est

possible de concevoir des fenêtres et d’incorporer divers éléments interactifs, tels que des boutons, des zones de texte, des cases à cocher et bien plus encore. [39] Nous avons donc utilisé cette bibliothèque, Tkinter, afin de créer l’interface graphique de notre solution et faciliter son utilisation par l’entreprise UPS.

4.2.4 L’API

Une API (Application Programming Interface) est une interface logicielle qui permet à des logiciels ou services de communiquer entre eux, échangeant ainsi des données et des fonctionnalités.[40]

Nous avons choisi d’utiliser Excel comme une interface pour récupérer les données nécessaires, car c’est un outil largement utilisé par les entreprises, en particulier par UPS. Les employés d’UPS sont habitués à utiliser Excel, ce qui rendra l’insertion des données plus facile pour eux.

4.3 Démarche suivie

Afin de mieux illustrer notre solution et de pouvoir vérifier ses résultats, nous l’avons appliquée à un cas réel. Nous avons intégré des données d’une entreprise de production dans le secteur agroalimentaire qui a accepté de nous les fournir à des fins de test, à condition que la confidentialité de leurs données soit préservée. Nous avons sollicité cette entreprise spécifique, car UPS ne dispose pas des données requises pour ce service particulier, ce qui est justement notre problématique.

4.3.1 Insertion des données

L’insertion des données se fera via Excel, comme expliqué précédemment. Le format d’entrée dans Excel sera le suivant :

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Designation	Quantité de commande	Nbr de jours de retard fournisseur	Consommation journalière	Délais d'approvisionnement	Variation	Stock de sécurité	Coefficient de stock moyen de
2	P2001	60	2	2	7	1	19	1
3	P2002	62	2	9	9	1	26	1
4	P2003	50	2	8	8	1	30	1
5	P2004	90	2	18	18	1	24	1
6	P2005	30	2	2	2	1	15	1
7	P2006	90	2	18	18	1	52	1
8	P2007	80	2	18	18	1	41	1
9	P2008	40	2	12	12	1	3	1
10	P2009	300	2	5	5	1	9	1
11	P2010	60	2	1	1	1	6	1
12	P2011	40	2	2	2	1	7	1
13	P2012	150	2	0	0	1	14	1
14	P2013	100	2	4	4	1	22	1
15	P2014	70	2	2	2	1	22	1
16	P2015	25	2	0	0	1	15	1
17	P2016	20	2	0	0	1	-1	1
18	P2017	25	2	0	0	1	-2	1

FIGURE 4.1 – Excel d’entrée de données de calcul de la surface la zone de stockage

Comme illustré dans l’image ci-dessus, les lignes représentent la désignation de chaque produit et les colonnes contiennent les données nécessaires pour le calcul de la surface de stockage.

Il y a trois colonnes spéciales qui nécessitent une explication : la colonne de stock de sécurité vide, la colonne de stock de sécurité et la colonne du coefficient de stock moyen. Ces colonnes ont été ajoutées en raison de deux cas possibles dans la pratique :

- Le client qui demande ce service d’UPS est déjà en activité et dispose d’un historique détaillé de son activité. Dans ce cas, le responsable d’UPS insérera directement toutes les informations nécessaires, telles que le stock moyen et les délais de retard.
- Le client est en phase d’étude de son projet et souhaite externaliser le service de stockage. Dans ce cas, il se peut qu’il n’ait pas encore les données telles que le stock moyen et les délais de retard. Par conséquent, il devra estimer directement le stock de sécurité et l’insérer ainsi que le coefficient de stock moyen.

Remarque : Dans notre cas, étant donné que nous ne disposons pas de données sur le stock moyen, nous avons choisi de simplifier en attribuant un coefficient de stock moyen égal à 1.

4.3.2 Génération des Layouts

Une fois que toutes les données ont été insérées, nous procédons à la génération des layouts à tester, conformément aux explications fournies dans le troisième chapitre. On a obtenu donc ces 9 Layouts possible :

Nombre d’allées	Nombre de blocs		
	1	2	3
14 allées	1 bloc, 14 allées	2 blocs, 14 allées	3 blocs, 14 allées
20 allées	1 bloc, 20 allées	2 blocs, 20 allées	3 blocs, 20 allées
28 allées	1 bloc, 28 allées	2 blocs, 28 allées	3 blocs, 28 allées

TABLE 4.1 – Layouts résultants du produit cartésien

4.3.3 Evaluation de chaque Layout

L’évaluation de chaque layout se déroule en deux étapes. Tout d’abord, les produits seront affectés à chaque layout en fonction de leur classe respective. Ensuite, les bons de commande sont générés et la distance moyenne de préparation de commande sera calculée pour chaque Layout.

Tout d’abord il faudra déterminer le classement ABC des produits, le résultats de ce classement sont illustrées dans la figure suivante :

```
([140, 125, 122], {'A': ['P2009', 'P2006', 'P2007'], 'B': ['P2013', 'P2012', 'P2004', 'P2014', 'P2010'], 'C': ['P2003', 'P2002', 'P2001', 'P2011', 'P2008', 'P2005', 'P2015', 'P2017', 'P2016']}, [[17.6, 0.3667], [29.4, 0.3489], [53.0, 0.2844]], [3, 5, 9])
```

FIGURE 4.2 – Sortie de l’algorithme pour le classement des produits et le calcul des probabilités.

Pour mieux expliquer les résultats, ils seront résumés dans le tableau ci dessous :

Classes	A	B	C
Liste des produits appartenant	P 2009, P 2006, P 2007.	P 2013, P 2012, P 2004, P 2014, P 2010.	P 2003, P 2002, P 2001, P 2011, P 2008, P 2005, P 2015, P 2013, P 2017, P 2016.

TABLE 4.2 – Affectation des produits en 3 classes

On remarque que les produits référencés comme suit (P 2009, P 2006, P 2007) appartiennent à la classe A, tandis que les produits (P 2013, P 2012, P 2004, P 2014, P 2010) font partie de la classe B. Le reste des produits constitue la classe C. Maintenant que les produits ont été classés selon les trois classes, nous procédons à leur affectation en stock selon chaque layout.

Les résultats de leur affectation seront illustrés ci-dessous :

- Layouts avec 1 bloc :

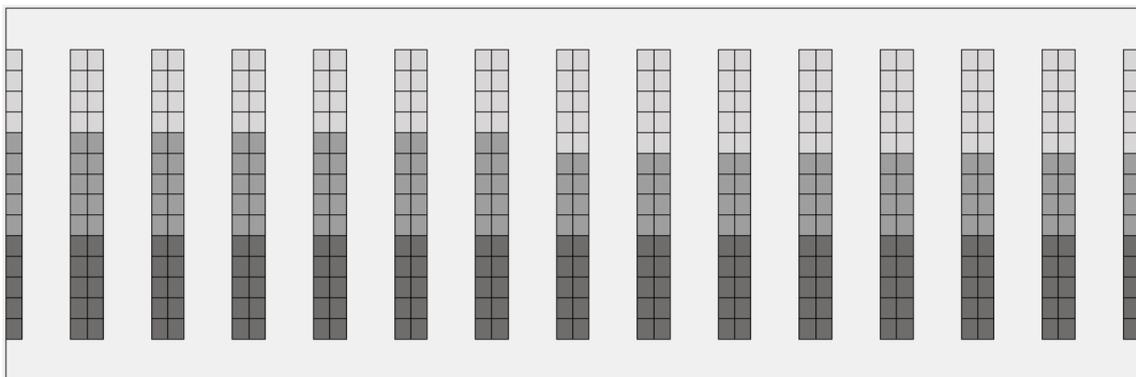


FIGURE 4.3 – Layout 1 bloc et 14 allées

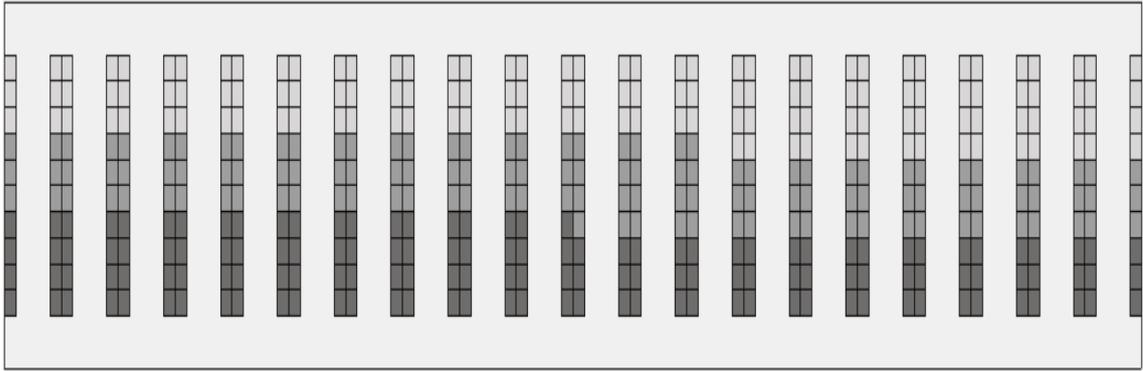


FIGURE 4.4 – Layout 1 bloc 20 allées.

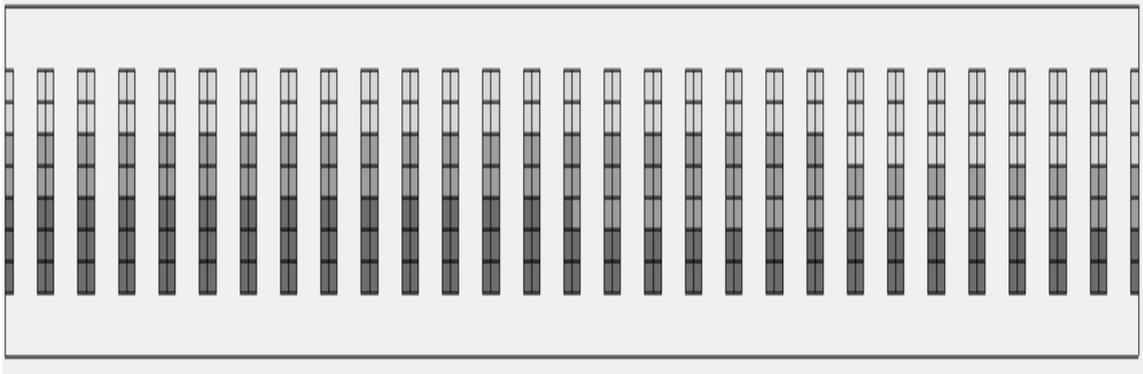


FIGURE 4.5 – Layout 1 bloc 28 allées.

- Layouts avec 2 blocs :

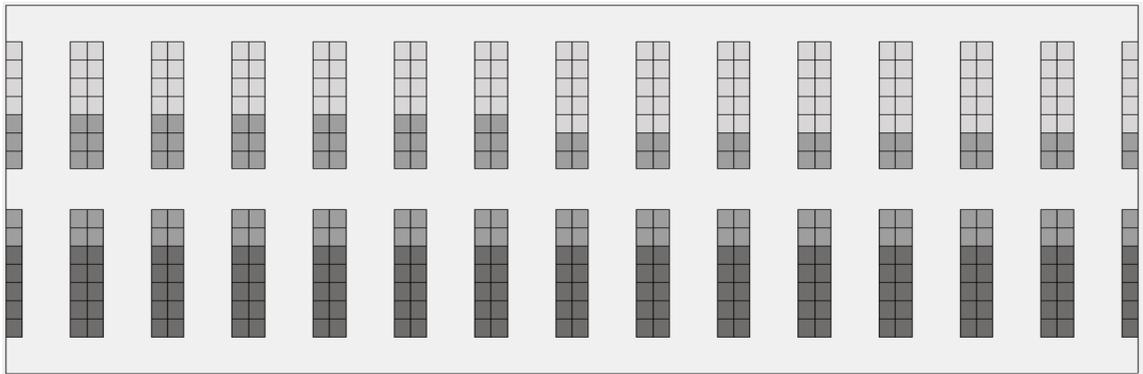


FIGURE 4.6 – Layout 2 blocs et 14 allées.

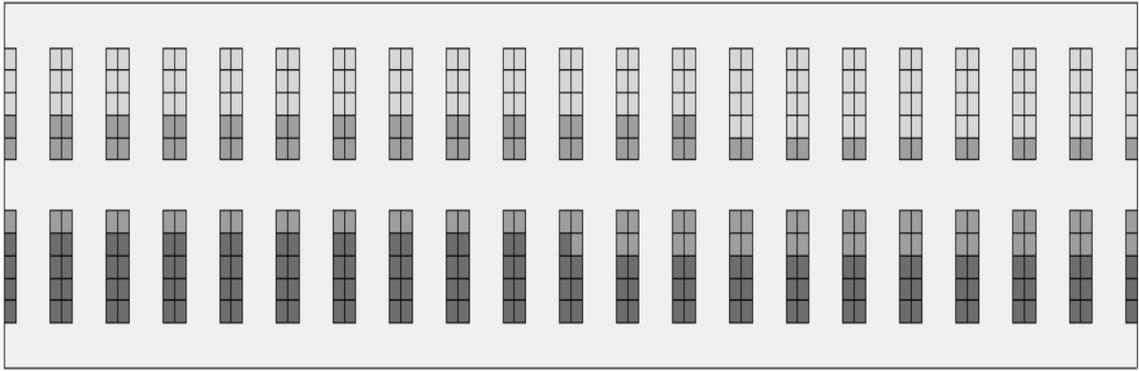


FIGURE 4.7 – Layout 2 blocs et 20 allées

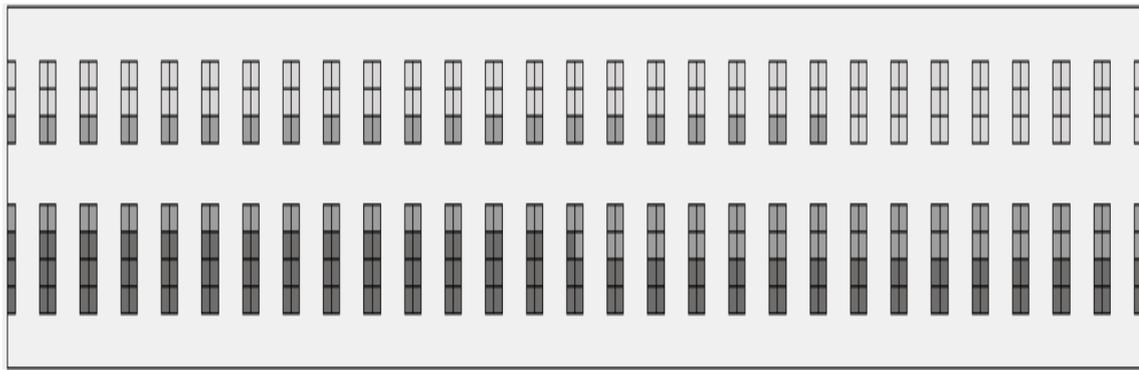


FIGURE 4.8 – Layout 2 blocs et 28 allées.

- Layouts avec 3 blocs :

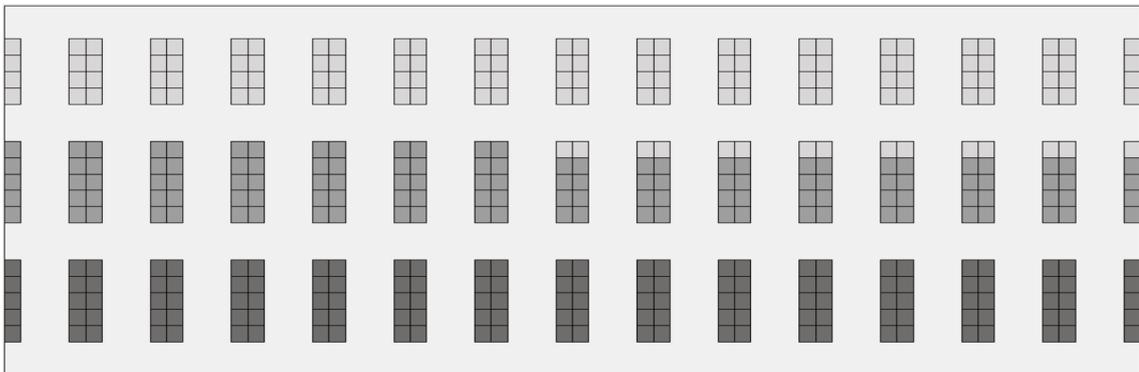


FIGURE 4.9 – Layout 3 blocs et 14 allées

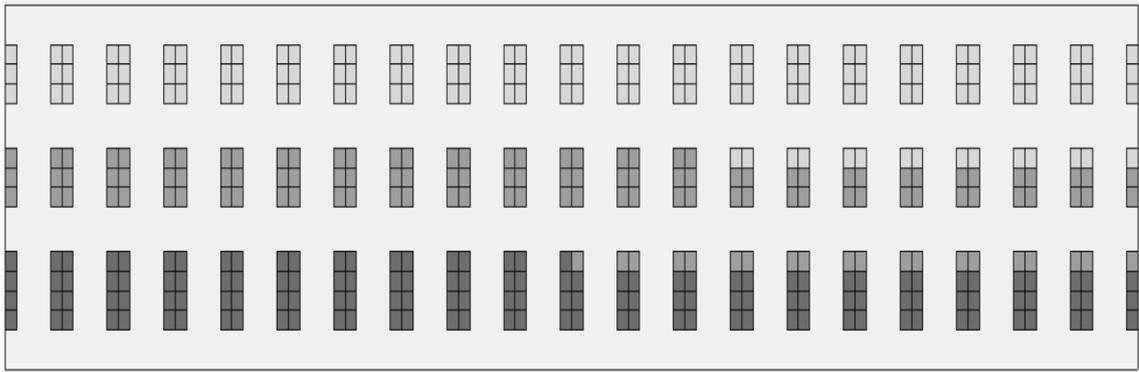


FIGURE 4.10 – Layout 3 blocs et 20 allées

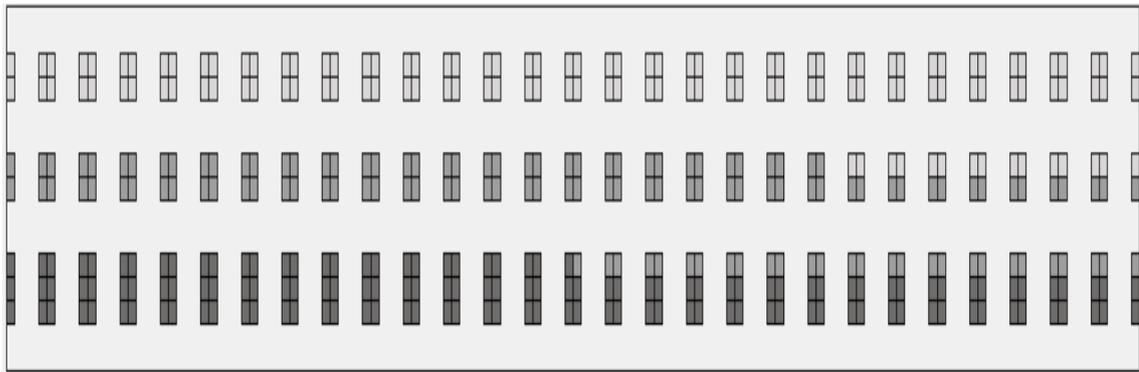


FIGURE 4.11 – Layout 3 blocs et 28 allées

Dans les figures ci-dessus, les nuances de gris représentent respectivement, du plus foncé au plus clair, les zones conçues pour le stockage des produits appartenant à la classe A, puis à la classe B, et enfin à la classe C. Il est important de noter que la zone dédiée à chaque classe dépend fortement du Layout choisi.

Une fois que tous les produits ont été affectés à chaque layout selon leur famille, nous passons à la génération de commandes. La génération des commandes se fait en suivant des probabilités spécifiques pour chaque famille, ce qui signifie que chaque produit a une probabilité d'apparition dans un bon de commande en fonction de sa famille. Les produits de la famille A ont une plus grande probabilité d'apparition que ceux des classes B et C, et de même pour les produits de la classe B qui ont une plus grande probabilité d'apparition.

le tableau ci dessous résume les probabilités calculées de chaque classe, la probabilité d'une classe est égale à la somme de la demande des produits qui la constituent qui sera divisé par la somme de la demande de tous les produits :

Classe de produit	Classe A	Classe B	Classe C
Probabilité	36,67 %	34,89 %	28,44 %

TABLE 4.3 – Probabilité d'apparition des produits dans les bons de commande.

Nous avons donc généré 1000 commandes et utilisé l'heuristique Combined pour calculer la distance de préparation de chaque bon de commande. Ensuite, nous avons calculé la moyenne de ces distances pour chaque layout afin d'évaluer sa performance. Pour calculer la surface de la zone de préparation de commande, nous avons appliqué la méthode décrite précédemment.

Il est possible de visualiser chaque Layout en cliquant sur le bouton Layout à l'extrême gauche de chaque ligne du tableau des résultats, ci dessous un exemple :

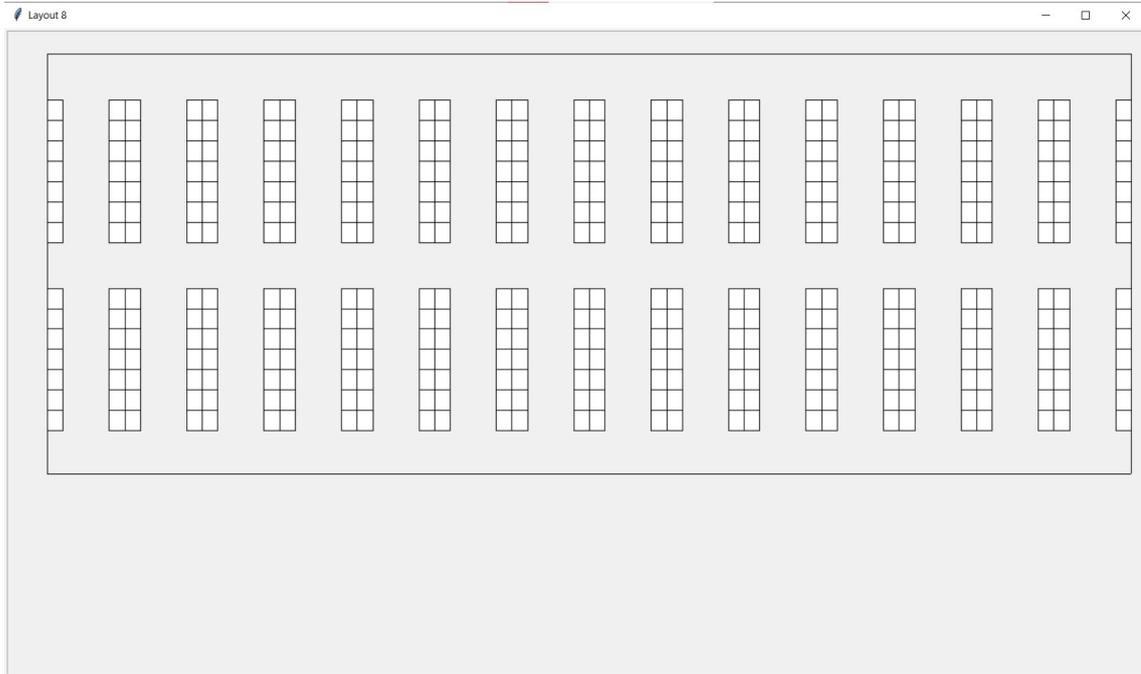


FIGURE 4.12 – Exemple du Layout obtenu en cliquant sur le bouton Layout 8

4.4 Discussion des résultats

Après avoir appliqué la méthode expliquée précédemment, voici les résultats obtenus :

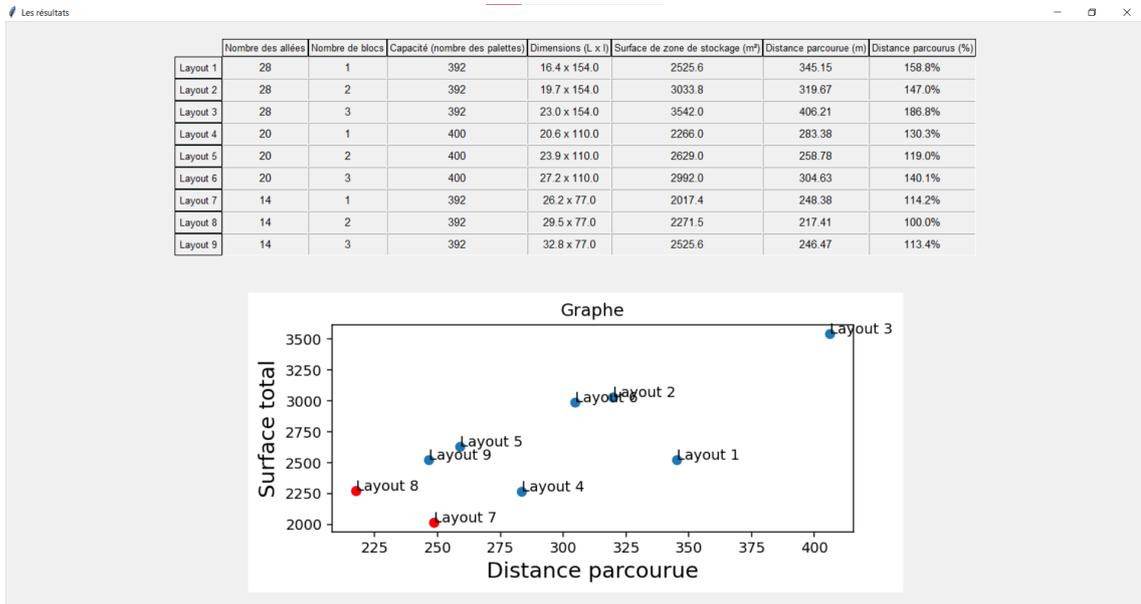


FIGURE 4.13 – Résultats finaux

Nous avons choisi de représenter les résultats sous deux formes : un tableau et un graphe. **Commençons par le tableau :**

	Nombre des allées	Nombre de blocs	Capacité (nombre des palettes)	Dimensions (L x l)	Surface de zone de stockage (m²)	Distance parcourue (m)	Distance parcourus (%)
Layout 1	28	1	392	16.4 x 154.0	2525.6	345.15	158.8%
Layout 2	28	2	392	19.7 x 154.0	3033.8	319.67	147.0%
Layout 3	28	3	392	23.0 x 154.0	3542.0	406.21	186.8%
Layout 4	20	1	400	20.6 x 110.0	2266.0	283.38	130.3%
Layout 5	20	2	400	23.9 x 110.0	2629.0	258.78	119.0%
Layout 6	20	3	400	27.2 x 110.0	2992.0	304.63	140.1%
Layout 7	14	1	392	26.2 x 77.0	2017.4	248.38	114.2%
Layout 8	14	2	392	29.5 x 77.0	2271.5	217.41	100.0%
Layout 9	14	3	392	32.8 x 77.0	2525.6	246.47	113.4%

FIGURE 4.14 – Tableau des Résultats finaux

Chaque ligne du tableau correspond à un Layout proposé, tandis que chaque colonne représente les informations relatives à chaque Layout, telles que le nombre d'allées, le nombre de blocs, la capacité de la zone de stockage, les dimensions de cette zone, la distance moyenne de préparation de commande, et enfin, la dernière colonne représente un pourcentage calculé par rapport à la meilleure distance obtenue. Ce pourcentage permet de simplifier la comparaison entre les différents Layouts.

Le meilleur Layout en terme de surface est celui avec 1 bloc et 14 allées (2086.92m²), tandis que le meilleur Layout selon la distance moyenne de préparation de commande est celui avec 2 blocs et 14 allées.

Les Layouts, avec 1 seul Bloc et un nombre moindre d'allées garantissent une surface moindre.

Nous avons remarqué que le nombre de blocs a un impact direct sur la surface totale et la distance de préparation de commande. Un plus grand nombre de blocs entraîne une augmentation de la surface totale, car plus d'espace est nécessaire pour les allées transversales. Cependant, il est important de noter que le nombre de blocs ne garantit pas toujours une meilleure performance de préparation de commande.

Par exemple, dans notre étude, nous avons comparé deux configurations : une avec 3 blocs et 14 allées, et une autre avec 2 blocs. Malgré le fait que la configuration avec 3 blocs ait plus d'allées transversales, elle s'est avérée être 14,2% moins performante en termes de distance moyenne de préparation de commande par rapport à la configuration avec 2 blocs. Cela indique que la réduction du nombre de blocs peut conduire à une optimisation de la performance de préparation de commande, même si cela implique moins d'allées transversales.

Il est important de prendre en compte ces facteurs lors du choix du nombre de blocs et d'allées pour obtenir le meilleur compromis entre la surface totale et l'efficacité de préparation de commande.

Le graphe :

Pour mieux visualiser et comprendre les résultats obtenus, nous avons représenté les résultats des 9 Layouts sous forme d'un graphe de front de Pareto, avec deux axes : la distance parcourue (axe horizontal) et la surface totale (axe vertical). Le graphe obtenu est le suivant :

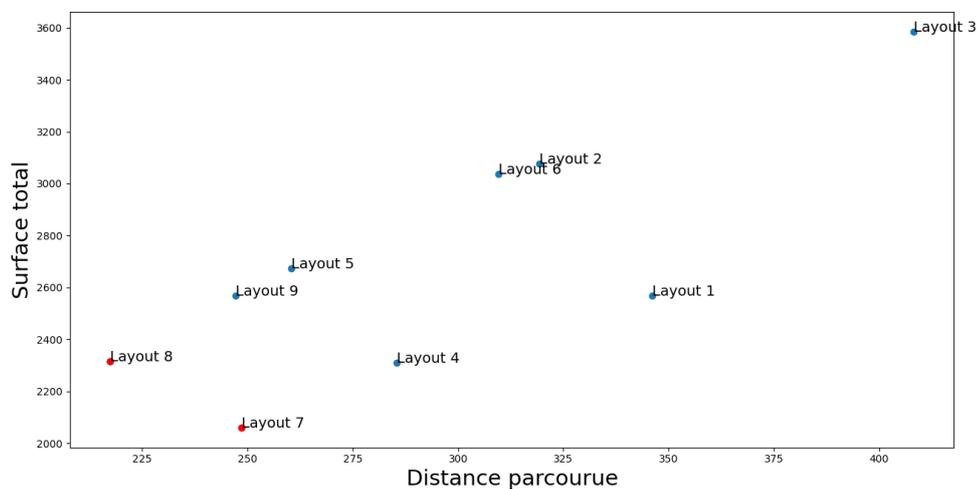


FIGURE 4.15 – Front de pareto

On conclut que les layouts non dominés sont les numéros 8 et 7. Ces deux layouts sont donc représentés ci-dessous :

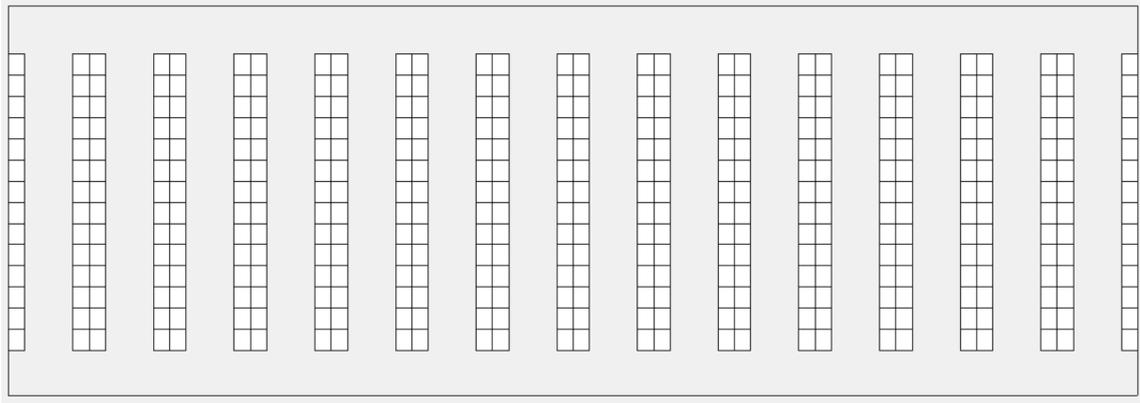


FIGURE 4.16 – Layout 7

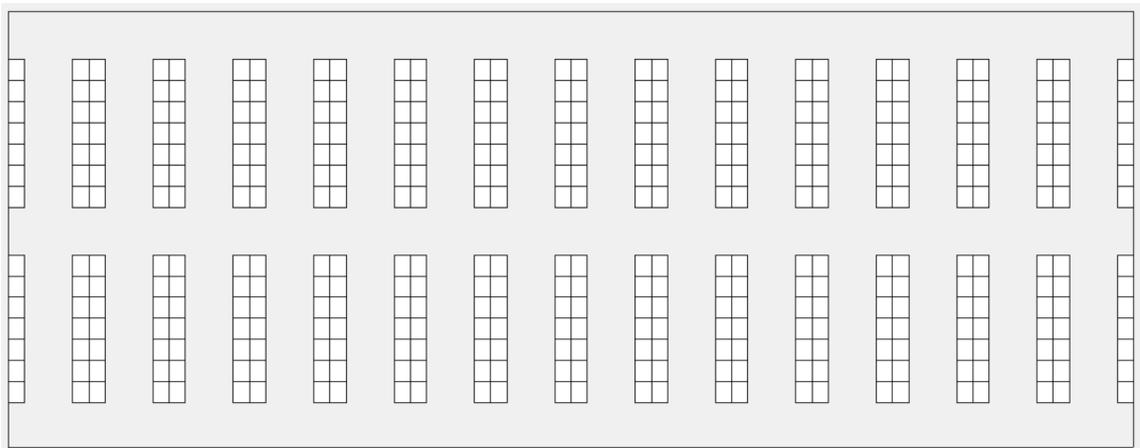


FIGURE 4.17 – Layout 8

4.5 Interface de l'utilisateur et fonctionnalités

Notre application est présentée sous la forme suivante :



FIGURE 4.18 – Interface principale de l’application.

La fenêtre principale de notre application est conçue selon la configuration illustrée dans la figure. Elle est composée de trois boutons principaux :

- Bouton “Insertion des données”.
- Bouton “ Proposition des Layouts”.
- Bouton “ Outil de dessin de Layout”.

Chacun de ces boutons conduit à une fenêtre secondaire dédiée, offrant des fonctionnalités spécifiques :

Le premier bouton ouvre une fenêtre secondaire dans laquelle l’utilisateur peut insérer les données nécessaires pour le calcul et la génération des layouts. Cette fenêtre offre une interface structurée, orientant l’utilisateur vers l’utilisation d’Excel que nous avons précédemment expliqué.

La figure suivante illustre un aperçu de la fenêtre secondaire affichée lorsque vous cliquez sur ce bouton.

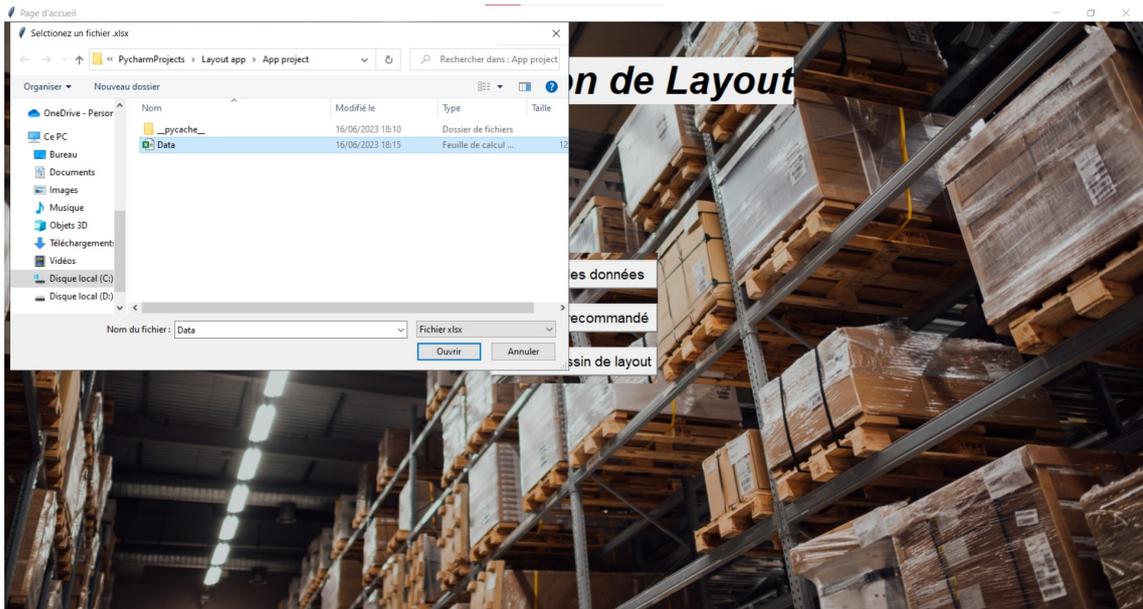


FIGURE 4.19 – Fenêtre secondaire qu’affiche le premier bouton.

En cliquant sur le deuxième bouton, une fenêtre secondaire s’ouvre, permettant à l’utilisateur d’insérer un paramètre, qui est le nombre de niveaux souhaité dans la zone de stockage. Par défaut, ce paramètre est réglé 3, ce qui correspond à notre cas d’étude. L’utilisateur peut modifier cette valeur selon ses besoins spécifiques avant de procéder à la génération des layouts.

L’exécution de la fonction de génération et d’évaluation des layouts s’effectue en cliquant sur le bouton "Calculer". Une fois ce bouton activé, le tableau des résultats, expliqué précédemment, s’affichera, fournissant les informations pertinentes sur les layouts générés et évalués. Cette étape permet au décideur d’examiner les performances de chaque layout et de prendre des décisions éclairées en fonction des résultats obtenus.



FIGURE 4.20 – Fenêtre secondaire qu’affiche le deuxième bouton.

Le dernier bouton est un outil d’aide à la conception qui met à la disposition de l’utilisateur

plusieurs fonctionnalités. Parmi ces fonctionnalités, on trouve :

- Un outil de dessin de layout d'entrepôt : L'utilisateur peut utiliser cet outil pour créer un layout d'entrepôt en insérant différents paramètres tels que le nombre d'allées, la capacité souhaitée, le nombre d'allées transversales, la largeur d'une allée, la longueur et la profondeur d'un emplacement. Cette fonction va permettre le calcul de la surface de la zone de stockage, sa visualisation et modélisation selon les besoins spécifiques de l'utilisateur, facilitant ainsi le processus de conception et de planification.
- Une fonctionnalité qui permet la division de la zone de stockage en 3 zones distinctes, où chaque zone est composée d'emplacements spécifiquement dédiés à une famille de produits : A, B et C. Cette fonctionnalité aide l'utilisateur à créer une configuration optimisée de l'entrepôt en attribuant des emplacements spécifiques à chaque famille de produits.
- Un outil de génération et simulation de commandes permet à l'utilisateur de créer des commandes de manière interactive. Il offre deux options :
 - Sélection visuelle des emplacements : L'utilisateur peut cliquer sur les emplacements affichés à l'écran, qui changeront de couleur pour indiquer s'ils ont été sélectionnés ou non. Cela permet à l'utilisateur de choisir les emplacements souhaités pour chaque produit de la commande.
 - Insertion du nombre de produits : L'utilisateur peut également entrer directement le nombre de produits souhaité dans sa commande. L'outil va alors colorier automatiquement le nombre correspondant d'emplacements pour représenter les produits de la commande.

L'objectif de cet outil est de permettre à l'utilisateur de simuler et de visualiser la préparation des commandes et ensuite mesurer la distance parcourue lors de la préparation d'une commande.

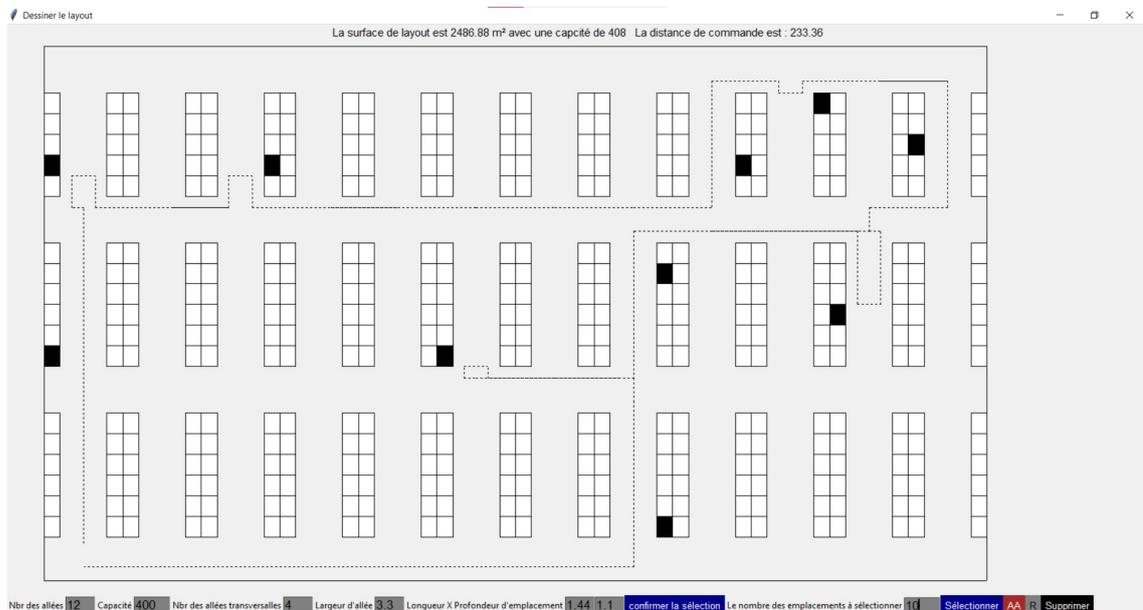


FIGURE 4.21 – Fenêtre secondaire qu'affiche le troisième bouton.

4.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé à une description détaillée des outils que nous avons utilisés pour programmer notre logiciel. Nous avons expliqué les technologies, les langages de programmation et les bibliothèques spécifiques que nous avons employés pour développer notre solution. Ensuite, nous avons introduit des données provenant d'une entreprise réelle dans le but de tester notre outil. Nous avons analysé les résultats obtenus et les avons interprétés afin de tirer des conclusions. Enfin, nous avons passé en revue l'interface utilisateur de notre outil.

Conclusion générale

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la conception d'un aménagement optimisé d'un entrepôt, dans le but de permettre à l'entreprise UPS Algérie d'adapter les services de sa société mère aux exigences du marché algérien. Cela faciliterait également la sélection des clients, en utilisant un logiciel que nous avons développé et en lui ajoutant une interface utilisateur simple à utiliser. Cette interface fournit des informations pertinentes pour la prise de décision.

Nous avons structuré notre travail en plusieurs étapes. Tout d'abord, nous avons réalisé une étude de l'existant en nous concentrant sur UPS Algérie. Nous avons présenté l'entreprise actuelle, en décrivant ses différentes activités, ainsi que la société mère UPS. C'est à travers cette analyse que nous avons identifié et expliqué la problématique spécifique qui a été choisie comme sujet d'étude dans le cadre de notre projet de fin d'études.

Ensuite, nous avons approfondi nos connaissances théoriques en nous intéressant aux concepts logistiques et aux principes de la recherche opérationnelle. Nous avons essayé de recueillir des informations pertinentes sur notre sujet, que nous avons ensuite résumées dans cette section. Ces recherches nous ont permis d'identifier le problème étudié dans la littérature et de constater qu'il se compose de trois sous-problèmes interdépendants :

- Le problème d'agencement des entrepôts.
- Le problème d'affectation des produits en stock .
- Le problème de préparation de commande.

L'identification et la compréhension approfondie du problème ont conduit au troisième chapitre de notre étude, où nous avons cherché des solutions pour résoudre notre problématique. Nous avons exploré différentes méthodes de résolution disponibles et sélectionné la méthode la plus adaptée à notre cas. Nous avons choisi une méthode de résolution pour chaque sous-problème.

Étant donné que le premier sous-problème ne peut être résolu qu'en passant par la résolution des deux autres sous-problèmes, nous avons structuré notre approche de résolution de la manière suivante :

- Nous avons généré différentes combinaisons de Layout, résultantes du produit cartésien de deux ensembles : le nombre de blocs dans un entrepôt et le nombre d'allées.
- Pour chaque agencement (layout) généré, nous avons appliqué une politique d'affectation des produits en stock appelée "Across Aisle". Avant cela, nous avons utilisé la méthode de classement ABC, pour classer les produits en trois catégories, en fonction de leurs demandes.

- Nous avons généré plusieurs bons de commande et calculé la distance moyenne de préparation de commande pour chaque layout d'entrepôt. Pour ce faire, nous avons utilisé l'heuristique "Combined" afin de trouver une tournée de prélèvement optimisée pour chaque commande, permettant ainsi de minimiser la distance parcourue lors de la préparation.
- Nous avons évalué chaque layout d'entrepôt selon deux critères : la surface et la distance moyenne de préparation de commande.

Dans le quatrième et dernier chapitre de notre étude, nous avons discuté des résultats obtenus après avoir appliqué la méthodologie décrite précédemment à un cas réel. Nous avons présenté les performances des différents layouts d'entrepôt en termes de surface et de distance moyenne de préparation de commande. Nous avons également présenté notre application et ses fonctionnalités ainsi que la manière dont l'entreprise UPS Algérie pourra l'utiliser.

Pour les travaux futurs, plusieurs aspects peuvent être explorés. Tout d'abord, il serait intéressant d'étudier différentes combinaisons de politiques de préparation de commandes et d'allocation des produits afin d'optimiser les layouts des entrepôts. Il serait également essentiel de prendre en compte la capacité des autres zones à accueillir le flux de marchandises de chaque client lors de la prise de décision.

Par ailleurs, il convient de penser à la conception d'entrepôts qui utilisent des moyens de manutention plus avancés et automatisés, tels que les robots. L'intégration de technologies de pointe dans la gestion des entrepôts peut contribuer à améliorer la productivité, la précision et la rapidité des opérations.

En conclusion, Nous espérons que cette étude apportera une valeur ajoutée à l'entreprise UPS Algérie ainsi qu'à d'autres entreprises algériennes actives dans le domaine de la prestation logistique. Nous croyons fermement au potentiel d'amélioration et d'innovation dans ce secteur et nous espérons que notre travail contribuera à cet objectif.

Annexe

Annexe 1

Saisonnalité La saisonnalité des ventes fait référence à des variations régulières et prévisibles des niveaux de ventes d'une entreprise au cours d'une période donnée, généralement sur une base annuelle.

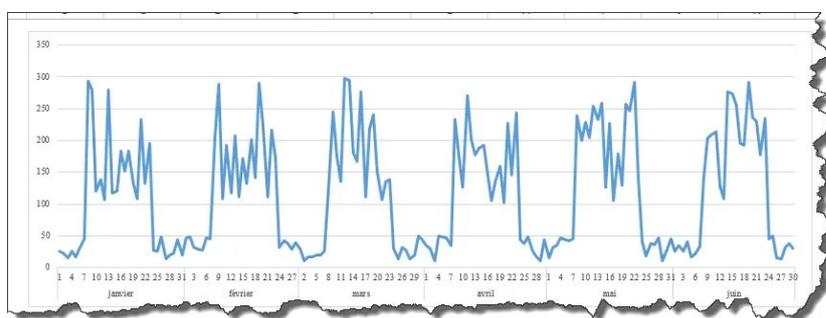


FIGURE 22 – Une saisonnalité.

Source : TSS.com

Forte saisonnalité

Une forte saisonnalité des ventes se produit lorsque les variations saisonnières sont particulièrement prononcées, avec des écarts significatifs entre les périodes de pointe et les périodes creuses. Cela signifie que l'entreprise connaît des pics d'activité importants et des périodes plus calmes ou de faible activité tout au long de l'année.

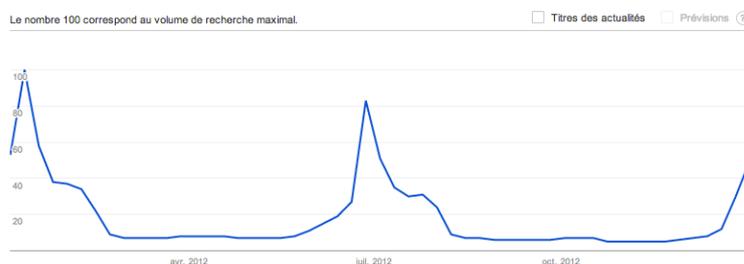


FIGURE 23 – Une forte saisonnalité.

Source : Blog-Kiwik.com

Annexe 2

Fiche Technique

Rayonnage palette Palstar 3 niveaux charge 3400 kg



Référence	8800429
Dimensions	<u>Hors tout</u> : L.2880 x P.1100 x H.4500 mm <u>Poids</u> : 102 kg



Rack à palettes modèle Palstar 3 SBO4 peint.

Composition rack :

- > 2 échelles assemblées avec pieds, dimensions H. 4500 x P. 1100 mm.
- > 3 Niveaux. 3 Paires de lisses L. 2700 x P. 1100 mm réglables en hauteur tous les 50 mm. Charge 3400 kg par niveau.
- > 8 ancrages pour fixation au sol.
- > Plaque de charge (avec configuration préconisée par Setam)

Capacité de stockage : 12 Euro palettes

Points forts :

- > Lisse peinte en Jaune pour plus de visibilité et sécurité : peinture époxy coloris Jaune RAL1004.
- > Échelles livrées assemblées

Pour vos projets de racks à palettes, contactez le service commercial Setam pour une étude personnalisée.

www.setam.com

Algorithme 1 : La génération de commande

Entrées:

Capacité \leftarrow nombre des emplacements dans la zone de stockage
Taille_Commande \leftarrow le nombre des lignes par commande
Nbr_prod \leftarrow un tableau qui contient le nombre de produits de chaque classe
Taille_zone \leftarrow Tableau qui contient la taille de chaque classe
Per_class \leftarrow un tableau de tableau qui contient Le pourcentage des produits
et la pondération de chaque classe

Sortie:

Commande \leftarrow la commande générique

1 Début

```
2   Prob_a  $\leftarrow$  [per_class[0][1] / Taille_zone[0]] * Taille_zone[0]
3   Prob_b  $\leftarrow$  [per_class[1][1] / Taille_zone[1]] * Taille_zone[1]
4   Prob_c  $\leftarrow$  [per_class[2][1] / Taille_zone[2]] * Taille_zone[2]
5   Probabilité  $\leftarrow$  Concaténation de Prob_a, Prob_a et Prob_c
6   Index_Location  $\leftarrow$  []
7   Pour i  $\leftarrow$  1 jusqu'à Capacité faire
8       Rajouté i à Index_Location
9   Fin pour
10  S = la somme des éléments de (Nbr_prod)
11  Si Taille_cammande > S :
12      Taille_cammande  $\leftarrow$  S
13  Fin si
14  p  $\leftarrow$  []
15  i  $\leftarrow$  0
16  c_a  $\leftarrow$  0
17  c_b  $\leftarrow$  0
18  Tant que i < Taille_cammande faire
19      x  $\leftarrow$  un élément de Index_location aléatoirement choisi en suivant les
      probabilités dans Probabilité
20      Si x n'est pas dans p alors
21          Ajouté x à p et incrémenter i de 1
22      Fin si
23      Si p[i-1] <= Taille_zone[0] alors
24          c_a  $\leftarrow$  c_a + 1
25          Si c_a > Nbr_prod[0] alors
26              Supprimer p[i - 1] de p et décrémenter de 1
```

```
27         Fin si
28     Fin si
29     Sinon
30         Si  $p[i-1] \leq \text{Taille\_zone}[0] + \text{Taille\_zone}[1]$  alors
31              $c\_b \leftarrow c\_b + 1$ 
32             Si  $c\_b > \text{Nbr\_prod}[1]$  alors
33                 Supprimer  $p[i - 1]$  de  $p$  et décrémenter  $i$  de 1
34             Fin si
35         Fin si
36     Fin sinon
37 Fin tant que
38 Trier  $p$ 
39 Commande  $\leftarrow p$ 
40 Fin
```

Algorithme 2 La conversion de commande (suivant la politique d'allocation)

Entrées:

Commande \leftarrow le résultat de la génération de commande (liste des emplacements)

N \leftarrow le nombre des allées

Nc \leftarrow le nombre des allées transversales

Blocs \leftarrow le nombre des emplacements dans les sous-allées de chaque bloc

Sortie:

Commande_finale \leftarrow la commande finale adapté pour l'agencement spécifier

1 Début

2 Objets \leftarrow []

3 **Pour** i dans les éléments de Commande **faire**

4 c1 \leftarrow ((i % (N * 2)) + 1) // 2

5 **Si** c1 égal à 0 **alors**

6 c1 \leftarrow N

7 **Fin si**

8 c2 \leftarrow (i - 1) // (N * 2) + 1

9 s \leftarrow 0

10 **Pour** j \leftarrow 1 **Haut** Nc **faire**

11 **Si** c2 est inférieur ou égal à s + Blocs[j - 1] **alors**

12 c3 \leftarrow ca - j

13 c2 \leftarrow c2 - s

14 **Sortir de la boucle**

15 **Fin si**

16 s \leftarrow s + Blocs[j - 1]

16 **Fin pour**

17 Ajouter le tableau [c1, c2, c3] au objets

18 **Fin pour**

/* c1 représente l'allée, c2 représente l'indice de l'emplacement dans le bloc et c3 représente l'indice de bloc */

19 copie \leftarrow objets

20 objets \leftarrow []

21 **Pour** i \leftarrow 1 **jusqu'à** Nc - 1

22 tab \leftarrow []

23 **Pour** j dans les éléments de copie **faire**

24 **Si** j[2] égal à i **alors**

25 Ajouté j au tab

26 **Fin si**
27 **Fin pour**
28 **Si** tab n'est pas vide **alors**
29 Ajouter tab au objets
30 **Fin si**
31 **Fin pour**
32 **Pour** tab dans objets **faire**
33 Trier les éléments E_i dans tab par rapport à leur 2^{ème} valeur $E_i[1]$
34 **Fin pour**
35 Inverser le tableau objets
36 Commande_finale \leftarrow objets
37 **Fin**

Algorithme 3 La simulation

Entrées:

Reps \leftarrow nombre de répétitions (commandes générées)
Capacité \leftarrow nombre de locations dans la zone de stockage
Taille_Commande \leftarrow le nombre de lignes par commande
Taille_zone \leftarrow Tableau qui contient la taille de chaque classe
Per_class \leftarrow La pondération et la pourcentage des produits de chaque classe
L_loc \leftarrow la longueur de l'emplacement de stockage
P_loc \leftarrow la profondeur de l'emplacement de stockage
L_allée \leftarrow la largeur d'allée
tab_a \leftarrow le tableau de nombre des allées à tester

Sorties:

Dict_resultat \leftarrow La dictionnaire des résultats

1 Début

```
2   Tab_commandes  $\leftarrow$  []
3   Pour i  $\leftarrow$  1 jusqu'à Reps faire
4       c  $\leftarrow$  Génération de commande pour les paramètres d'entrées
5       Ajouté c au Tab_commandes
6   Fin pour
7   Dict  $\leftarrow$  {}
8   Pour a dans tab_a faire
9       Pour c  $\leftarrow$  2 jusqu'à 4
10          Loc_par_a  $\leftarrow$  arrondir au supérieur (Capacité / (a * 2))
11          bloc  $\leftarrow$  un tableau qui contient le nombre d'emplacements pour
              les sous-allées de chaque blocs de Layout
12          dimensions  $\leftarrow$  [Loc_par_a * L_loc + c * L_allée,
                              a * L_allée * 2 * P_loc]
13          surface = dimensions[0] * dimensions[1]
14          distance  $\leftarrow$  []
15          Pour i  $\leftarrow$  0 jusqu'à Reps faire
16              Commande  $\leftarrow$  conversion de commande Tab_commandes[i] avec
              les paramètres a, c et bloc
17              dis  $\leftarrow$  la distance obtenu par Combined pour commande
              avec les paramètre d'entrées, a et c
18              Ajouté dis au distance
          Fin pour
19   Dict[« a x c »]  $\leftarrow$  [moyenne de distance, surface, dimensions]
```

20 **Fin pour**
21 **Fin pour**
22 Dict_resultat ← Dict
23 **Fin**

Algorithme 4 Affectation à travers les allées (Across aisle)

Entrées:

Data frame: Excel_d_f ← Les données des prévisions nécessaires

Capacité_rack ← Nombre de palette par rack/emplacement (les niveaux)

Sorties:

Taille_zone ← Tableau qui contient la taille de chaque classe

Prod_class ← un dictionnaire des class et les produits dedans

Per_class ← La pondération et le pourcentage des produits de chaque classe

Prod_par_class ← Tableau qui contient le nombre de produits dans chaque classe

1 Début

2 n_prod ← Longueur d'un Colonne de Excel_d_f

3 Demande_total ← la somme de Excel_d_f[« Demande »]

4 Trier Excel_d_f par rapport au « Demande »

4 pourcentage ← []

5 prod_pourcentage ← []

6 abc ← []

7 c ← 0

8 **Pour** i ← 0 **Haut** n_prod **faire**

9 c ← c + Excel_d_f[i, « Demande »]

10 p ← (i + 1) / n_prod * 100

11 Ajouté p à prod_pourcentage

12 Ajouté c / Demande_total * 100 à pourcentage

13 cls ← la classe de produit i tel que A est 20%, B est 30% et C 50%

14 Ajouté cls à abc

15 **Fin pour**

16 Capacité ← Arrondi au supérieur (somme de (Excel_d_f[« Quantité »]) / capacité_rack)

17 Taille_zone ← []

18 Prod_par_class ← []

19 Per_class ← []

20 **Pour** i dans [A, B, C] **faire**

21 Calculer la somme des quantités des produits pour class i

22 Ajouter la taille de zone i / Capacité_rack à Taille_zone

23 prod_cls ← le nombre des éléments de abc qui égal à i

24 Ajouter prod_cls à Prod_par_class

25 Ajouter [prd_cls/n_prod, pourcentage[prod_cls - 1]/100] à Per_class

26 **Fin pour**

```
27 Per_class[1][1] ← Per_class[1][1] - Per_class[0][1]
28 Per_class[2][1] ← 1 - Per_class[1][1] - Per_class[0][1]
29 Prod_class ← {}
30 Pour i ← 0 Haut n_prod faire
31     l ← []
32     Pour j dans [A, B, C] faire
33         Si abc[i] est égal à j alors
34             Ajouter Excel_d_f[i, «Désignation»] à l
35         Fin si
36     Fin pour
37     Prod_class[j] ← l
38 Fin pour
39 Fin
```

Bibliographie

Bibliographie

- [1] United Parcel Service. (2023). *Corporate Facts: UPS*. Récupéré sur UPS.com: <https://about.ups.com/content/dam/upsstories/assets/fact-sheets/ups-global/Corporate-Fact-Sheet-3-15-2023.pdf>
- [2] United Parcel Service.(2023). *Notre Histoire*. Récupéré sur UPS: <https://about.ups.com/ca/fr/our-company/our-history.html>
- [3] Laura, C. (2016). *Master Mangement Des systemes d'information, Le plan de transport*. Grenoble: Université Grenoble.
- [4] LAOUFI, M. L., & OUMEDJBER, H. E. (2021). *Master Genie Logistique et Transport: Optimisation des tournées de ramassage et livraison chez UPS Algérie*. Alger.
- [5] BEDDIAF, F., & DERNANE, Z. (2022). *Projet de fin d'études, Système intelligent pour l'optimisation*. Alger.
- [6] United Parcel Service. (2023). *UPS*. Récupéré sur Guide des Services et Tarifs, Tarifs TTC_Tarifs de base: <https://www.upscontentcentre.com/pdf/belgiumfrenchvat2023base>
- [7] United Parcel Service,(2018). *SUPPLY CHAIN SOLUTION* . Récupéré sur UPS.com.
- [8] United Parcel Service,(2023). *À propos d'UPS Healthcare*. Récupéré sur UPS Healthcare: <https://www.ups.com/fr/fr/healthcare/aboutus.page?>
- [9] United Parcel Service, (2023). *Notre entreprise*. Récupéré sur UPS.com: <https://about.ups.com/ca/fr/our-company.html>
- [10] United Parcel Service, (2023). *Notre Strtegie*. Récupéré sur UPS.com: <https://about.ups.com/ca/fr/our-company/our-strategy/better-not-bigger-framework.html>

- [11] United Parcel Service,(2023). *à quoi ressemble un réseau logistique intelligent exactement?* Récupéré sur UPS.com: <https://about.ups.com/ca/fr/our-stories/innovation-driven/smart-logistics-network.html>
- [12] United Parcel Service,(2023). *UPS lance la technologie Smart Warehouse.* Récupéré sur UPS.com: <https://about.ups.com/ca/fr/newsroom/press-releases/innovation-driven/ups-launches-smart-warehouse-technology.html>
- [13] DELL. (2023). *DELL TECHNOLOGIES.* Récupéré sur <https://www.dell.com/fr-fr>
- [14] Ministère de l'Industrie. (2021). Bulletin d'information statistique de la PME en algérie. Direction Générale de la Veille Stratégique, des Etudes et des Systèmes d'Information, Ministère de l'Industrie. Récupéré sur: <https://www.industrie.gov.dz/wpcontent/uploads/documents/bis/BIS-2022-03-40.pdf.pdf>
- [15] Chopra, S., & Meindl, P. (2001). Strategy, planning, and operation. *Supply Chain Management*, 13-17.
- [16] Baglin, G., Bruel, O., Kerbache, L., Nehme, J., & van Delft, C. (2013). Management industriel et logistique: concevoir et piloter la Supply Chain. Economica.
- [17] Waters, C. D. J. (2003). Inventory Control and Management. Wiley.
- [18] Mocellin, F. (2011). Gestion des stocks et des magasins: pratiques des méthodes logistiques adaptées en lean manufacturing. Dunod.
- [19] Razik, M., Radi, B., & Okar, C. (2016). Critical Success Factors for Warehousing Performance Improvement in Moroccan Companies. *Int. J. Bus. Manag. Invent*, 5, 32-40.
- [20] Roux M., Liu T. Optimisez votre plate-forme logistique. Paris : Éditions d'Organisation, 2004. 978-2-212-54728-3.
- [21] Ashayeri, J., & Gelders, L. F. (1985). Warehouse design optimization. *European Journal of Operational Research*, 21(3), 285-294.
- [22] Selviaridis, K., & Spring, M. (2007). Third Party Logistics: A Literature Review and Research Agenda. *International Journal of Logistics Management*, The, 18, 125–150.
- [23] IN7. (2022, 06 06). *Warehouse layout design best practices.* Récupéré sur CIN7: <https://www.cin7.com/blog/warehouse-layout-design-best-practices/>
- [24] Manzini, R. (2012). Warehousing in the Global Supply Chain: Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems. Springer London.
- [25] Manzini, R. (2012). Warehousing in the Global Supply Chain: Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems. Springer London.
- [26] Reyes, J., Solano-Charris, E., & Montoya-Torres, J. (2019). The storage location assignment problem: A literature review. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 10(2), 199–224.

- [27] Ecker, J. G., & Kupferschmid, M. (1988). *Introduction to operations research*. New York: Wiley.
- [28] Bahrami, B., Piri, H., & Aghezzaf, E. H. (2019). Class-based storage location assignment: an overview of the literature. In *16th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2019)* (pp. 390-397). Scitepress.
- [29] ResearchGate. (2023). Récupéré sur ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-intersection-among-classes-P-NP-NP-complete-and-NP-hard-problems_fig13_336890186
- [30] Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning*. John Wiley & Sons.
- [31] Roodbergen, K. J., & Koster, R. (2001). Routing methods for warehouses with multiple cross aisles. *International Journal of Production Research*, 39(9), 1865-1883.
- [32] Masae, M., Glock, C. H., & Grosse, E. H. (2020). Order picker routing in warehouses: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 224, 107564.
- [33] Frazelle, E. H. (1989). *Stock location assignment and order picking productivity*. Georgia Institute of Technology.
- [34] Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. H. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European journal of operational research*, 122(3), 515-533.
- [35] Roodbergen, K. J. (2001). *Layout and routing methods for warehouses* (No. EPS-2001-004-LIS).
- [36] *Python : définition et utilisation de ce langage informatique*. (s.d.). Récupéré sur JDN: <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1445304-python-definition-et-utilisation-de-ce-langage-informatique/>
- [37] *Pandas : la bibliothèque Python dédiée à la Data Science*. (s.d.). Récupéré sur Datascientest: <https://datascientest.com/pandas-python-data-science>
- [38] *Qu'est-ce qu'un DataFrame ?* (s.d.). Récupéré sur Datascientest: <https://datascientest.com/quest-ce-quun-dataframe#:~:text=Comme%20expliqu%C3%A9%20dans%20l'introduction,vou%20rajouter%20ces%20nouvelles%20valeurs.>
- [39] *Tkinter*. (s.d.). Récupéré sur l'Informatique c'est Fantastique: <https://info.blaise-pascal.fr/tkinter/>
- [40] *Interface de programmation d'application (API)*. (s.d.). Récupéré sur Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés CNI: [https://www.cnil.fr/fr/definition/interface-de-programmation-d-application-api#:~:text=Une%20API%20\(application%20programming%20interface,des%20donn%C3%A9es%20et%20des%20fonctionnalit%C3%A9s.](https://www.cnil.fr/fr/definition/interface-de-programmation-d-application-api#:~:text=Une%20API%20(application%20programming%20interface,des%20donn%C3%A9es%20et%20des%20fonctionnalit%C3%A9s.)
- [41] Petersen, C. G., & Aase, G. R. (2017). Improving order picking efficiency with the use of cross aisles and storage policies. *Open Journal of Business and Management*, 5(01), 95.

- <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=72999>
- [42] Richards, G. (2017). Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse. India: Kogan Page.
- [43] Popova, V., & Sharpanskykh, A. (2010). Modeling organizational performance indicators. *Information systems*, 35(4), 505-527.
- [44] Hedler Staudt, F., Alpan, G., di Mascolo, M., & Rodriguez, C. (2015). Warehouse performance measurement: A literature review. *International Journal of Production Research*, 53, 5524–5544.
- [45] Gandibleux, X., & Ehrgott, M. (2005). 1984-2004–20 years of multiobjective metaheuristics. but what about the solution of combinatorial problems with multiple objectives?. In *Evolutionary Multi-Criterion Optimization: Third International Conference, EMO 2005, Guanajuato, Mexico, March 9-11, 2005. Proceedings 3* (pp. 33-46). Springer Berlin Heidelberg.
- [46] Belkhiri, H. (2022). *Optimisation continue sur la frontière Pareto* (Doctoral dissertation).
- [47] Accorsi, R., Manzini, R. & Maranesi, F. (2013). A decision-support system for the design and management of warehousing systems. *Computers in Industry*, 65(1), 175-186.

ملخص:

كان الهدف من هذه الدراسة هو انشاء مخطط مستودع من خلال تطوير برنامج حاسوبي يسمح بمقارنة مخططات مقترحة لتصميم المستودعات باستخدام مؤشرات الكفاءة. تم إنشاء هذه المخططات باختلاف عدد الأروقة وعدد الأجنحة، وتم اختيار سياسة لتخزين المنتجات في المستودع وتحضير الطلبيات. يسمح هذا البرنامج لشركة الخدمات UPS بتحديد عملائها بناء على المساحة المتاحة لديها.

الكلمات المفتاحية: تخطيط المستودعات، سياسة تخزين المنتوجات، تحضير الطلبيات، البرامج الحاسوبية، مؤشرات الكفاءة، التصنيف ABC.

Résumé:

Dans cette étude, notre objectif était la conception d'un entrepôt à travers un programme qui évalue la performance d'un ensemble de plans d'aménagements d'entrepôts. Nous avons exploré la variation de deux paramètres clés : le nombre d'allées et le nombre de blocs, en appliquant une politique d'affectation des produits en stock et une heuristique de préparation des commandes. L'objectif de ce programme est de faciliter la prise de décision concernant l'acceptation ou le refus d'un client potentiel par UPS un prestataire de services logistiques tiers.

Mots clés : Aménagement d'entrepôts, Allocation des Produits en stock, Préparation de commande, l'heuristique Combined, Classement ABC.

Abstract

In this study, our goal was the design of a warehouse through a program that evaluates the performance of a set of storage/order picking warehouse layouts with different characteristics (number of aisles and cross-aisles), based on a calculated storage capacity requirement, using data from a potential Client, and pre-determined order picking and storage location assignment policies. This program is designed to assist in the decision of accepting or refusing a potential client for UPS a third-party logistics services provider.

Key words: Warehouse Layout, Stock Allocation, Order Picking, Combined Heuristic, ABC Classification.