

Université Frères Mentouri-Constantine 1
Institut des Sciences et Techniques Appliquées
Gestion de Production et Logistique (GPL)



Contrôle de la conformité

M215

Dr. Lyes BIDI



*1^{er} Année Gestion de production et
logistique (GPL)*

*Semestre 2
2019 -2020*

LA CHAINE LOGISTIQUE

Introduction

La logistique est une fonction essentielle pour l'entreprise, car elle regroupe l'ensemble des activités mises en œuvre pour assurer la disponibilité d'un bien ou d'un service, à un lieu où le besoin existe, et garantissant une gestion optimale de la combinaison « quantités, délais, et coûts ». Mais la logistique ne se limite pas à l'organisation des transports, de matières premières et de marchandises, il s'agit en fait de technique de contrôle de gestion, des flux de matières premières et de produit depuis leurs sources d'approvisionnement jusqu'à leur point de consommation.

Nous présentons dans ce chapitre plusieurs notions de base qui interviennent fortement dans toutes les études en relation avec les entrepôts les plateformes logistiques. Essentiellement il faut définir les concepts de la logistique, la « Supply Chain », les plateformes et les entrepôts logistiques et leurs fonctionnements intérieurs dans ces entités logistiques.

La fonction logistique

La logistique recouvre toujours des fonctions de transport, de stockage et de manutention dans les entreprises de production, tend à étendre son domaine en amont vers l'achat et l'approvisionnement, en aval vers la gestion commerciale et la distribution. On cite souvent la définition d'origine militaire : « La logistique consiste à apporter ce qu'il faut, là où il faut et quand il faut. ».

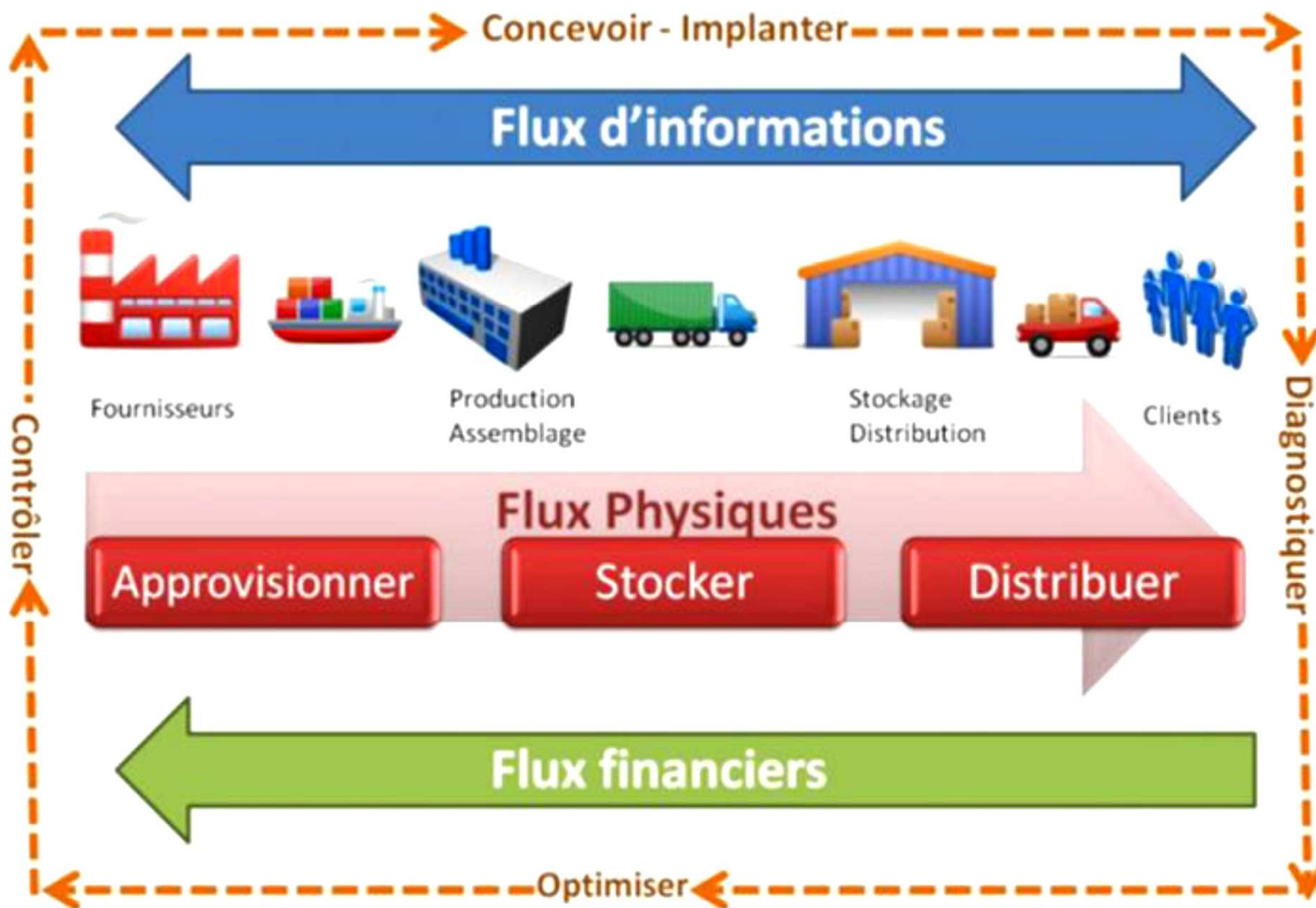
Les différentes logistiques

On peut cependant distinguer plusieurs logistiques différentes selon leur objet et leurs méthodes :

- Logistique d'approvisionnement
- Logistique d'approvisionnement general
- Logistique de production
- Logistique de distribution
- Logistique militaire
- Logistique de soutien
- Activité dite de service après vente
- Logistique des transports

Le concept de supply chain

Il existe de multiples définitions de la supply chain (ou chaîne logistique). On définit la supply chain comme « la suite des étapes de production et distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients » (définition du Supply Chain Council). Christopher(1992) propose une définition plus large des chaînes logistiques. Pour lui, une chaîne logistique est un réseau d'organisation qui supporte des flux physiques, informationnels et financiers, impliquées par des relations en amont et en aval, dans différent processus et activités, qui fournissant un produit ou service, dans le but de satisfaire le client.



Entrepôt et plateformes logistiques

L'entrepôt et la plateforme logistique sont deux entités de la Supply Chain, ils ont une grande importance dans le fonctionnement de cette dernière, leur maîtrise est l'une des clés de succès.

Les bâtiments logistiques

Derrière le terme de bâtiment logistique, sont englobés les « entrepôts » et les « plates formes ».

- On appelle **Entrepôt** : un bâtiment dans lequel les marchandises sont stockées plus de 24 heures. Ces entrepôts sont munis d'étagères (« racks ») pour le rangement des palettes ou des colis.
- On appelle **Plateforme** : un bâtiment dans lequel les marchandises sont stockées sur une durée de temps très limitée (moins de 24 h), dans le cadre d'une opération de dégroupage/groupage. Une plate-forme n'est pas équipée d'étagères, les marchandises restent sur le quai dans l'attente de leur prise en charge, On parle alors aussi de cross-docking

La distinction entre entrepôts et plates-formes n'est cependant pas aussi tranchée car beaucoup utilisent les deux termes indifféremment. En outre, beaucoup de situations sont mixtes : ainsi un entrepôt d'usine peut stocker une partie des composants et produits de base nécessaires à la production et en recevoir d'autres en juste-à-temps avec un minimum de stock.

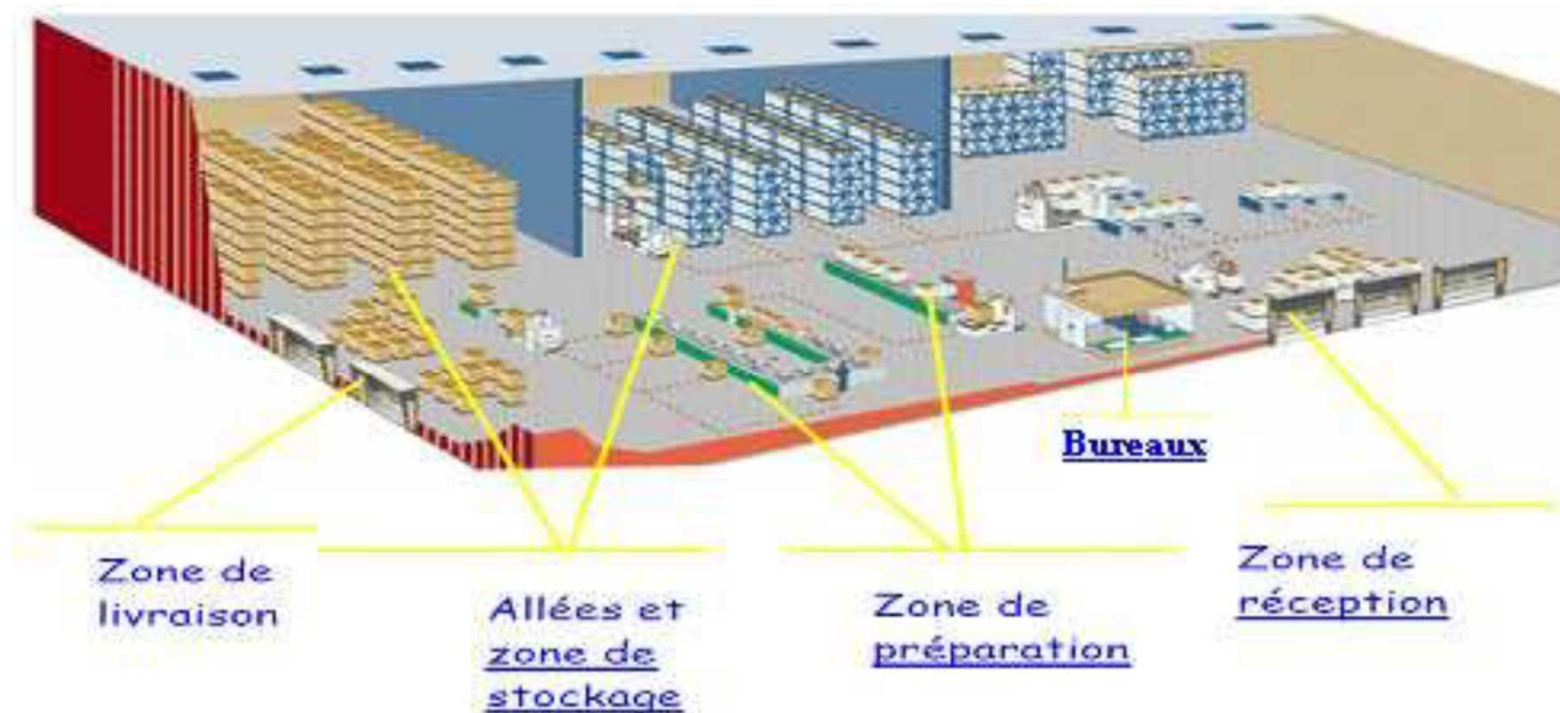
On peut cependant considérer qu'il existe :

- Des entrepôts de stockage des composants dans les usines ;
- Des entrepôts de stockage pétrolier, chimique, produits agroalimentaires, bois et autres matières premières ;
- Des entrepôts de produits finis d'usines ;
- Des entrepôts de distributeurs pour les produits importés, les achats spéculatifs, etc ;
- Des plates-formes et *hubs* de ramasse et de distribution des transporteurs et expressistes;
- Des plates-formes de producteurs pour la livraison directe des surfaces de vente ;
- Des arrières-magasins et plates-formes de distributeurs.

Organisation des espaces d'un bâtiment logistique

Les entrepôts sont classiquement organisés de la manière suivante :

- Une zone de réception;
- Une zone de stockage découpée en trois parties, respectivement les produits à forte, moyenne et basse rotation.
- Une zone de préparation de commande
- Une zone d'expédition



Une plate-forme de cross-docking, où les marchandises ne font que transiter, est quant à elle habituellement organisée en

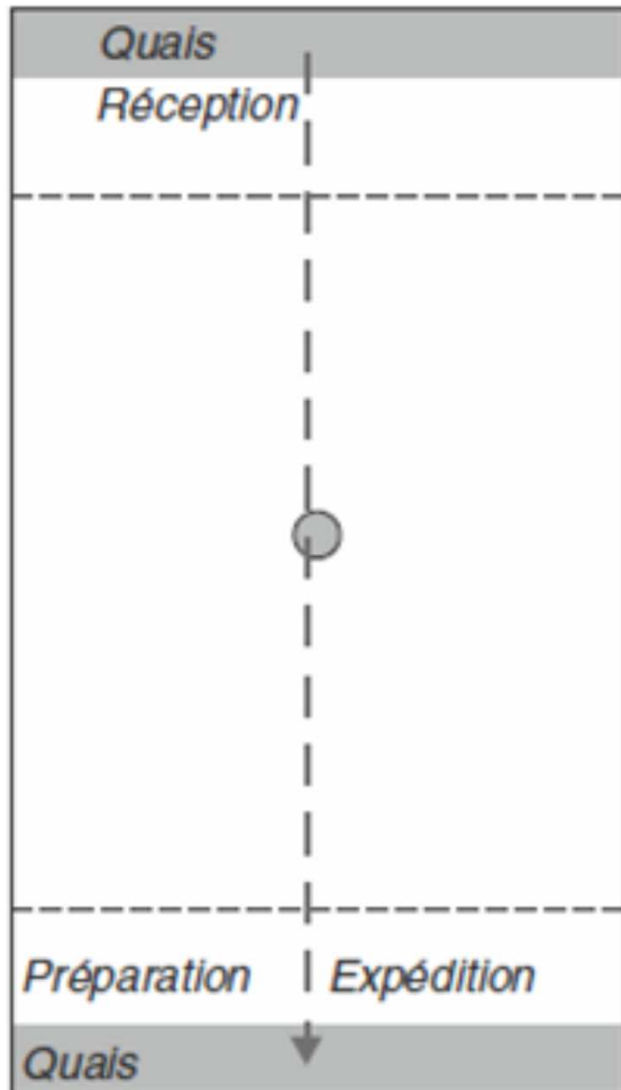
- Une zone de réception ;
- Une zone d'expédition ;
- Une zone de stock tampon entre les deux.

Beaucoup d'entrepôts séparent réception et expédition selon le schéma de gauche . Les différents services sont alors séparés.

On a plutôt tendance actuellement à séparer les articles selon leur importance quantitative selon le schéma de droite, dit en U.

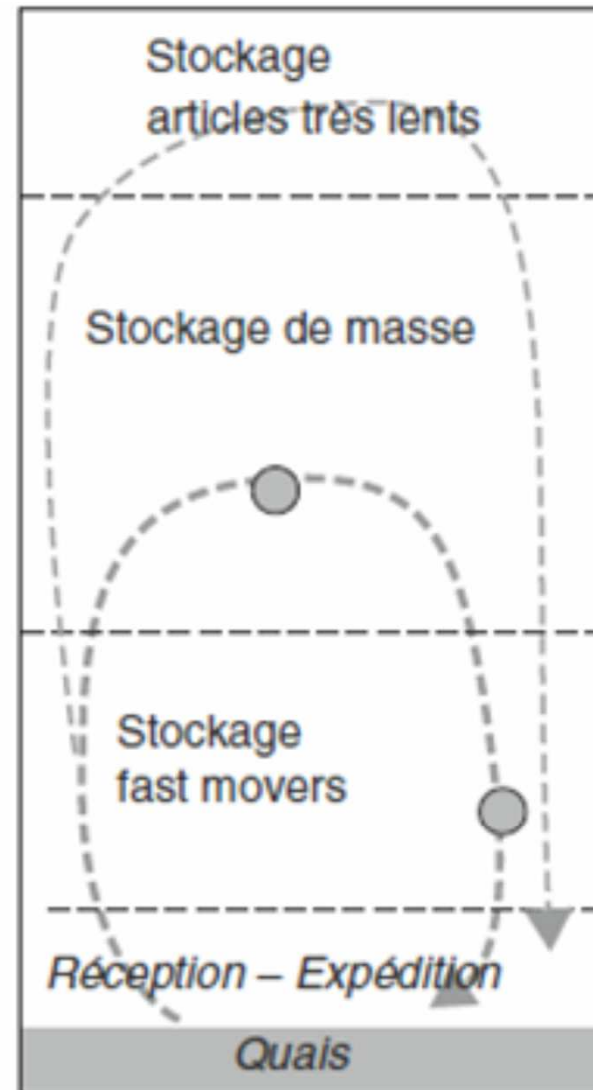
Les articles qui constituent la part la plus importante de l'activité, les fast movers (ceux qui partent rapidement) sont stockés au plus près des postes de préparation, expédition et réception.

Plan d'entrepôt



Plan classique

Schéma de gauche



Optimisation des trajets

Schéma de droite

Principales opérations réalisées dans un bâtiment logistique

La chronologie des opérations est la suivante :

1.La zone de réception

La zone de réception regroupe les quais de déchargement des camions, les zones de contrôle réception, de conditionnement et de stockage de masse.

- Les quais de déchargement sont utilisés pour le déchargement des camions par transpalette ou chariot élévateur.
- La zone de contrôle de réception est utilisée pour conduire les contrôles quantitatifs et qualitatifs des marchandises réceptionnées.
- Une zone de déconditionnement est nécessaire si les marchandises réceptionnées doivent être conditionnées unitairement (pouvant nécessiter un dé-houssage ou une dé-palettisation ou étiquetées...etc.).

Après avoir été réceptionnées, les marchandises dé-palettisées ou gerbables seront stocké dans la zone de stockage masse, sont généralement posées au sol. Et les autres produits seront posés dans les rayons (rack).

2. La zone de stockage

Regroupe les moyens de stockage (le plus souvent des racks) séparés entre eux par des allées de circulation. Les allées peuvent être à sens unique ou à double sens, elles sont dimensionnées pour permettre le déplacement des moyens de manutention.

La zone de stockage peut être elle-même divisée en deux zones : une zone de réserve et une zone de picking.

La zone de picking, dans laquelle les marchandises sont stockées en vue du picking, est en général approvisionnée à partir de la zone de réserve. Par exemple, un rack peut regrouper une zone de réserve qui contient des palettes complètes et une zone de picking, au niveau du sol (au niveau 0 par rapport au rayon), qui regroupe des palettes rompues dans lesquelles sont prélevées les marchandises

3.La zone de preparation

La zone de préparation de commande est utilisée pour préparer les commandes des clients (personnalisation, étiquetage). Le dimensionnement de la zone de préparation sera différent suivant que la préparation est faite en palettes complètes, en colis ou au détail.

La zone de préparation pourra contenir également une zone de consolidation, utilisée pour regrouper l'ensemble des préparations d'une commande.

4. La zone d'expédition

La zone d'expédition regroupe une zone d'emballage, une zone de contrôle et une zone d'attente de départ.

- La zone d'emballage est utilisée pour préparer les marchandises pour le transport, emballé, houssé le produits. Cette zone peut être situé en amont au en aval de la zone de contrôle.
- La zone de contrôle permet de vérifier que la commande prête à être expédiée au client est conforme.
- La zone d'attente de départ et de chargement permet de stocker les marchandises qui sont prête devant les quais d'expédition et avant l'arrivée du camion

Les zones de l'entrepôt peuvent être agencées de différentes façons. Mais il existe deux façons les plus courantes sont les agencements en **I** et en **U**.

L'entrepôt logistique au service des clients

L'entrepôt est un acteur majeur de l'amélioration du service au client ; en assurant notamment :

- Un taux de service client optimal
- Le moins d'erreur possible : livraison ; étiquetage
- La meilleure qualité possible
- Respect du délai annoncé
- Délai annoncé le plus court possible
- Service à valeur ajoutée (préemballage, stick de sécurité, client ; Synchronisation des flux pour fabricant....)
- Respect des contraintes des clients (norme qualité, chaîne du froid
- Prise en charge du marché international (service export : douane)
- Mise en place des technologies d'identification : codes à barres, ondes radio fréquence (RFID).
- Service de suivi (état de la marchandise : réceptionnée, emballée, chargée, en transport, livrée ...)

Entrepôt ou plateforme !!!

La distinction entre entrepôts et plate-formes n'est cependant pas aussi tranchée car beaucoup utilisent les deux termes indifféremment. En outre, beaucoup de situations sont mixtes : ainsi un entrepôt d'usine peut stocker une partie des composants et produits de base nécessaires à la production et en recevoir d'autres en juste-à-temps avec un minimum de stock.

Entrepôt ou plateforme !!!

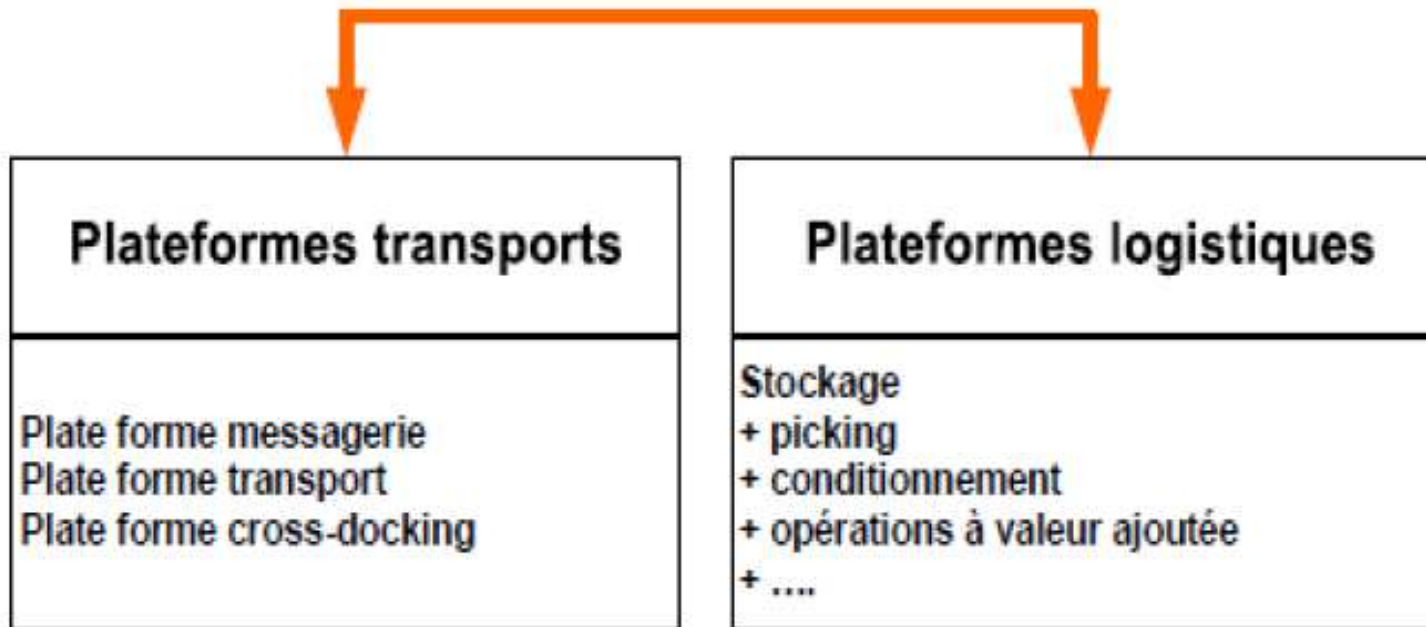
On peut cependant considérer qu'il existe :

- ❖ des entrepôts de stockage des composants dans les usines ;
- ❖ des entrepôts de stockage pétrolier, chimique, produits agroalimentaires, bois et autres matières premières ;
- ❖ des entrepôts de produits finis d'usines ;
- ❖ des entrepôts de distributeurs pour les produits importés, les achats spéculatifs, etc. ;
- ❖ des plate-formes et *hubs* de ramasse et de distribution des transporteurs;

Entrepôt ou plateforme !!!

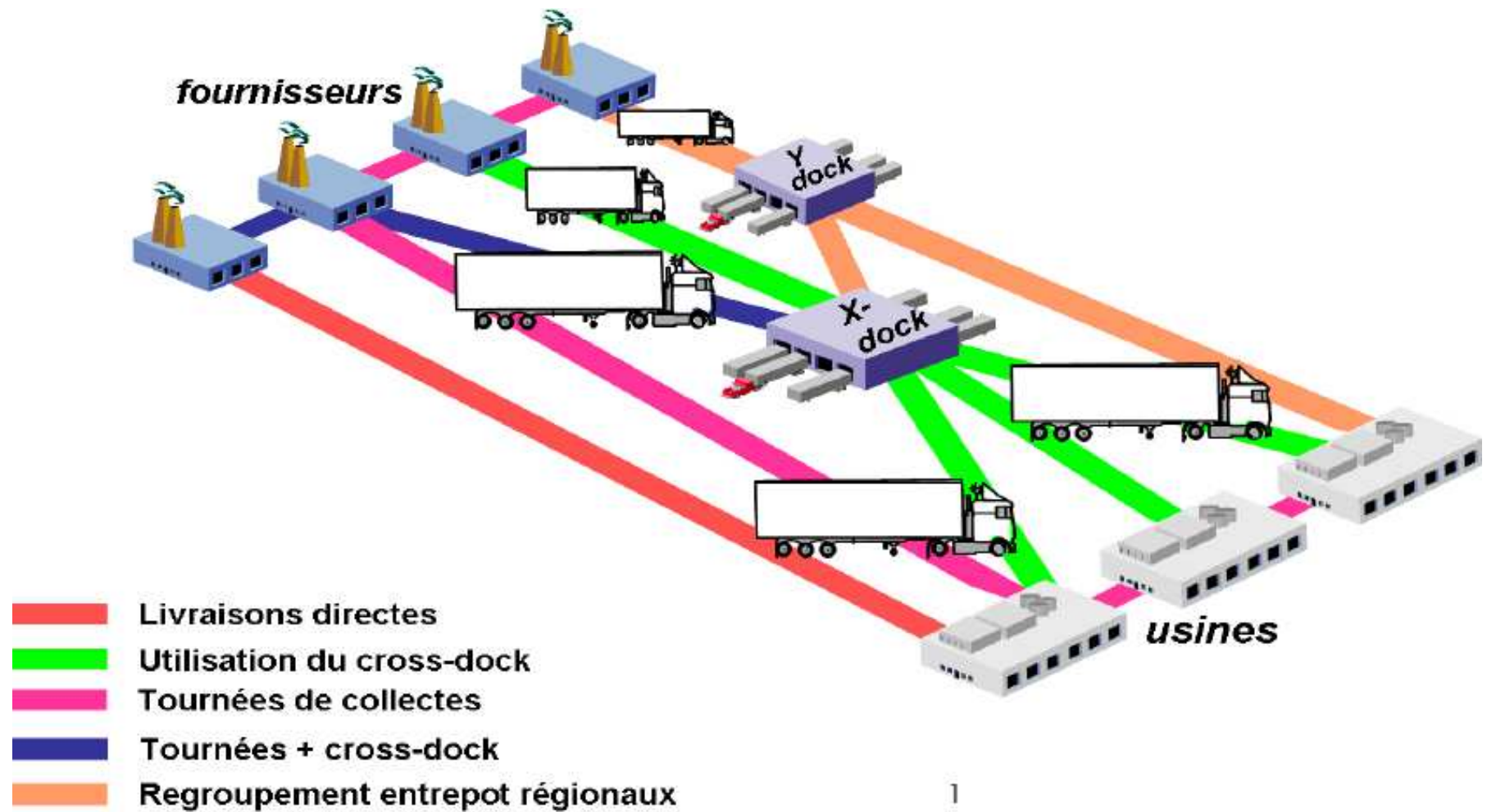
- des plate-formes de producteurs pour la livraison directe des surfaces de vente ;
- des arrières-magasins et plate-formes de distributeurs.
- Ces dernières plate-formes sont situées à une distance relativement faible (< 200 km) des clients et l'on peut organiser des tournées de livraison à partir de ces plate-formes. Parfois, il n'y a de livraisons directes que dans une zone de chalandise de l'ordre de 100 km autour de la plate-forme ou dans une zone de 200 km pour des livraisons importantes. Les tournées de distribution dans la zone de 100 à 200 km sont alors effectuées par des dégroupiers qui peuvent eux-mêmes avoir des plate-formes locales.

Types de plate- formes



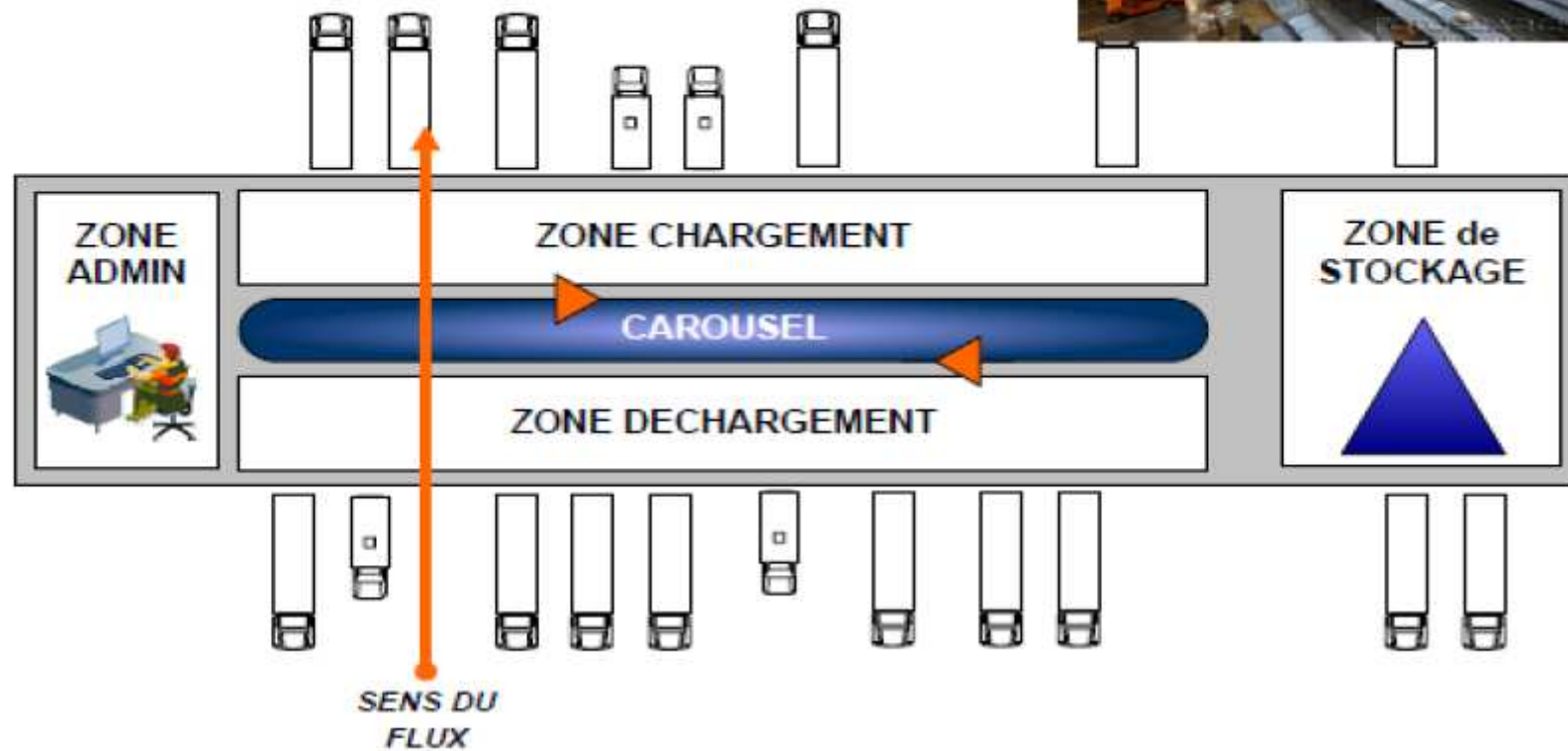
- Les marchandises transitent sans marquer d'arrêt ou très court
- Eventuellement re-labelling spécifique aux opérations de transport
- Pas de prestations à valeur ajoutée

- Stockage à durée variable
- Avec ou sans prestations à valeur ajoutée

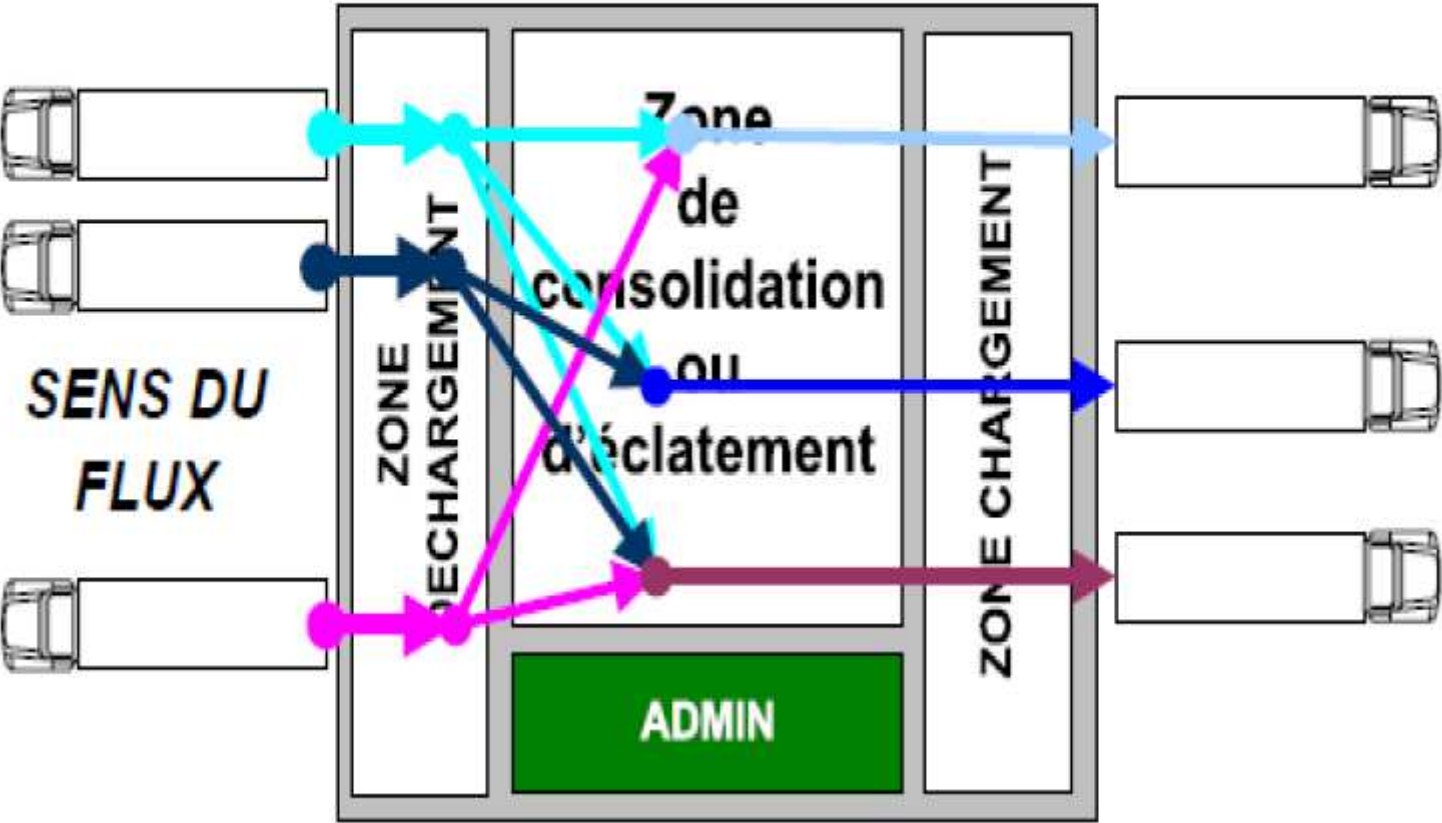


1

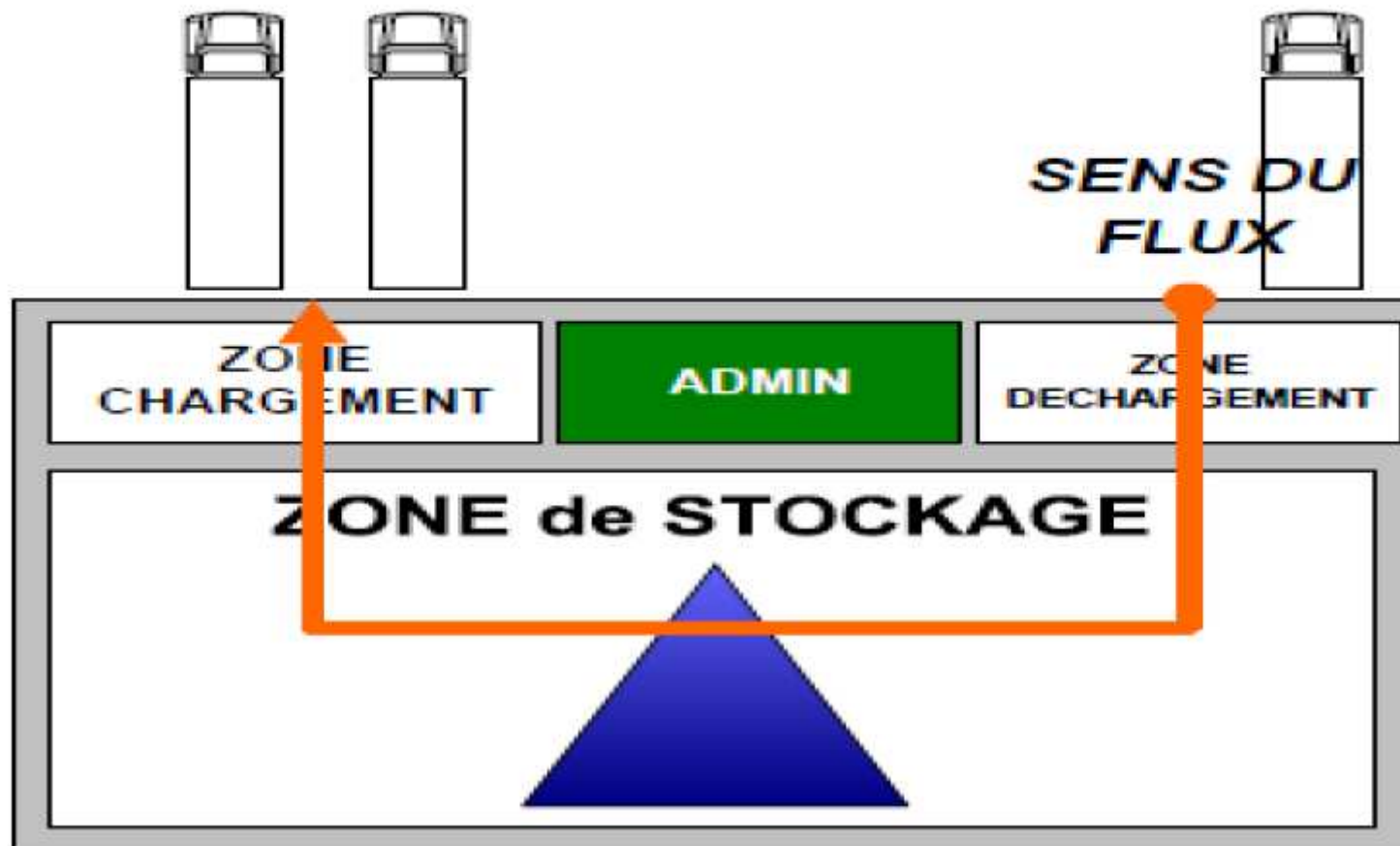
Plate-formes messagerie



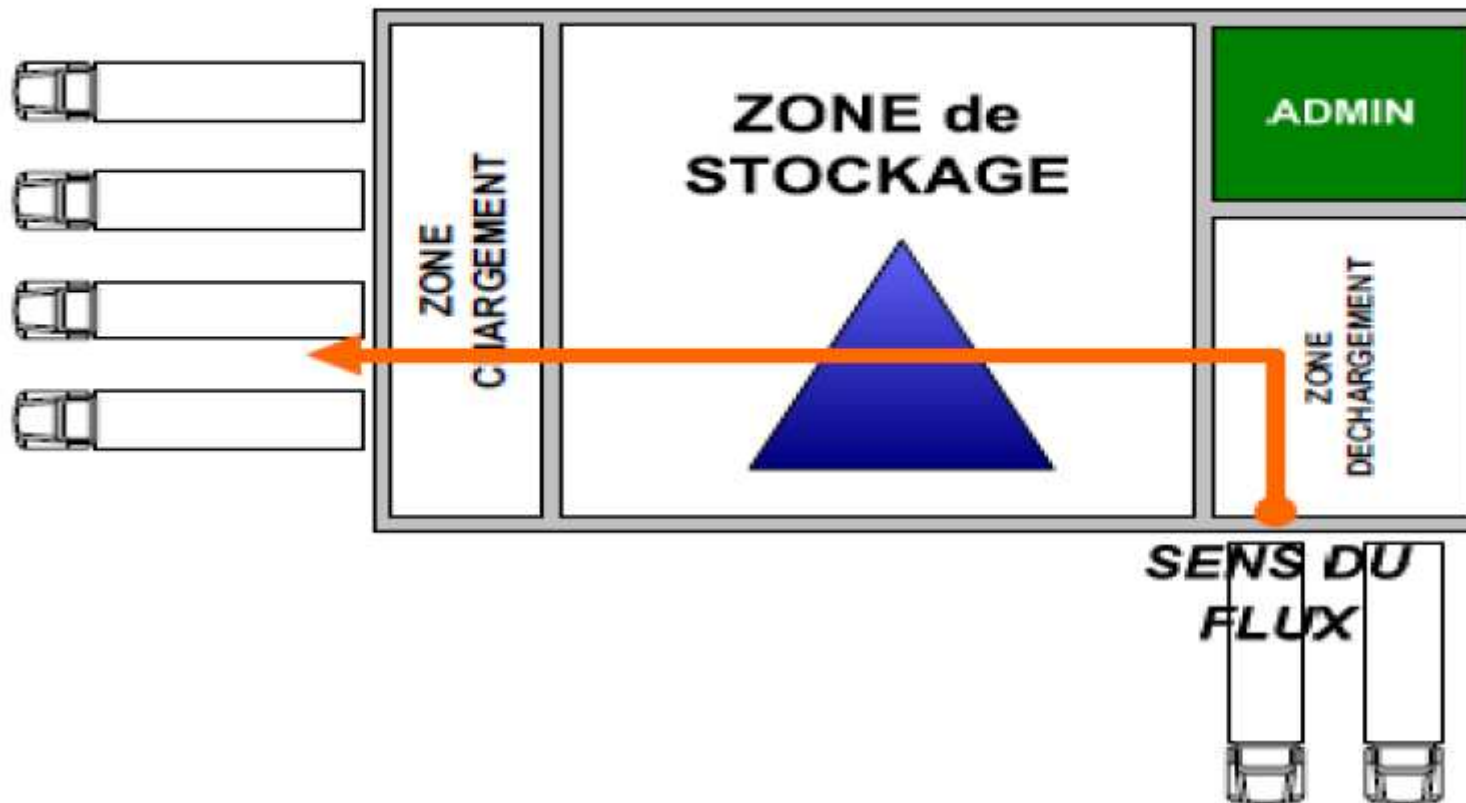
plateformes transport / cross docking



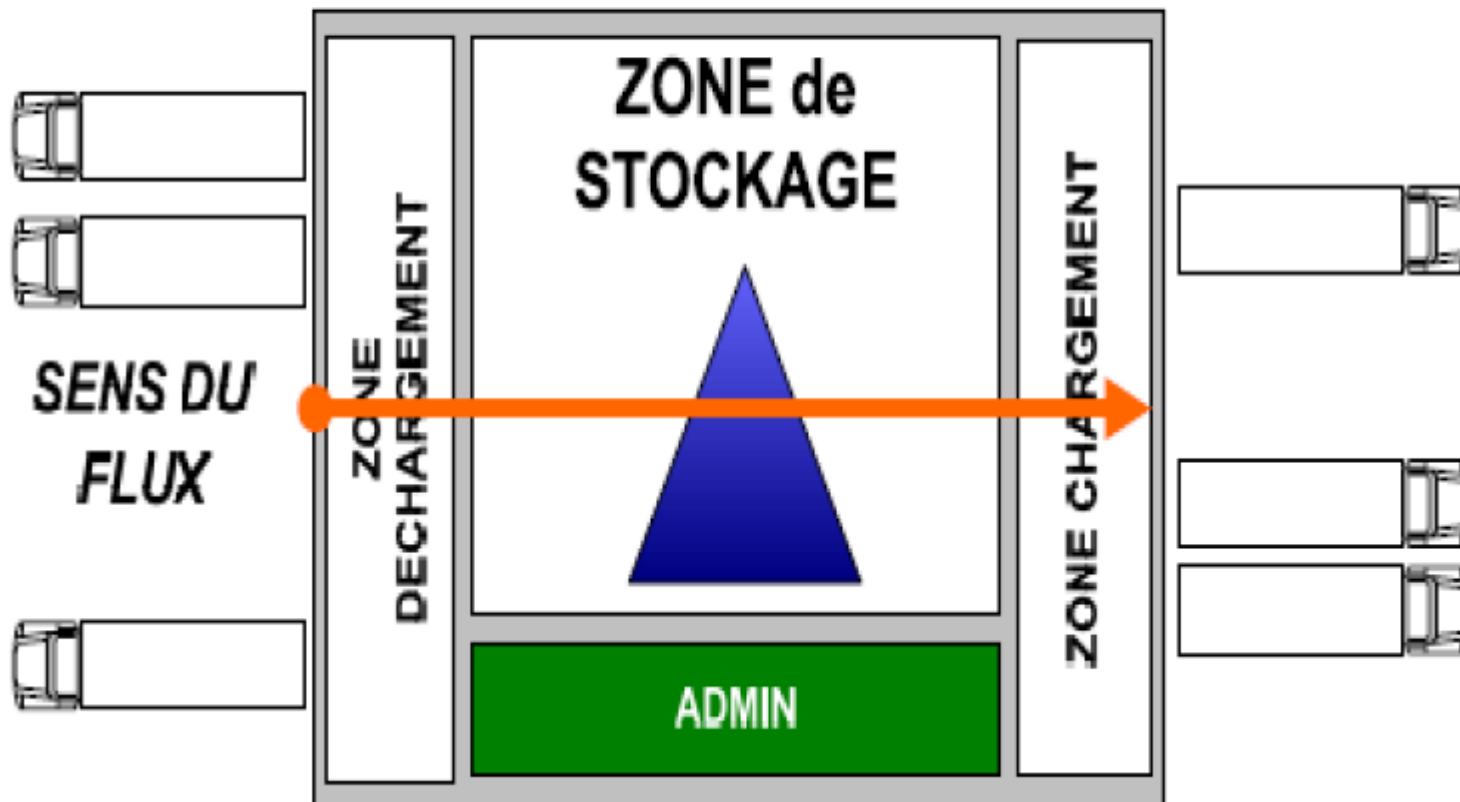
Entrepôts en U



Entrepôts en L



Entrepôts en flux traversant



Les moyens de stockage

Différents moyens de stockage peuvent être utilisés pour entreposer des marchandises dans un entrepôt ou une plateforme logistique.

- **Le stockage de masse**

L'expression « stockage de masse » peut désigner un stockage de cartons, palettes ou autres emballages sans rayonnages pour les ranger (*block stacking*). Ils sont alors simplement gerbés sur une partie réservée de la surface du magasin.

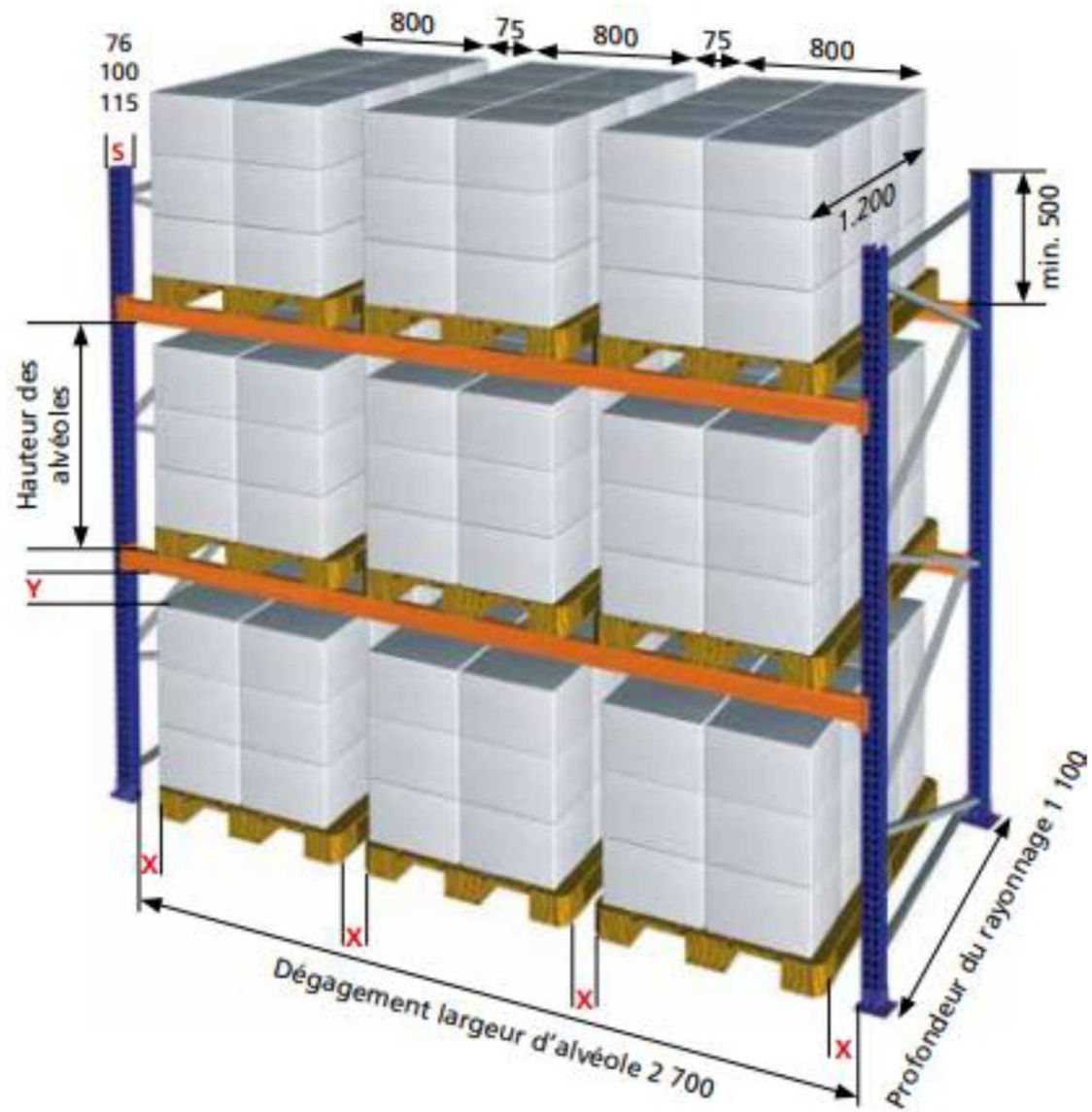
- **Le stockage statique**

Les palettiers « racks »

Ces rayonnages à palettes, que l'on appelle souvent racks, ont des structures, et même des couleurs, voisines quels que soient les constructeurs. Ils sont constitués d'échelles verticales sur lesquelles viennent s'agrafer les lisses horizontales.

Les largeurs des alvéoles sont habituellement choisies pour recevoir deux palettes quand elles sont stockées avec le côté 1200 millimètres en façade, et trois palettes quand c'est le côté 800 millimètres. Quand les charges sont très lourdes, il peut être préférable de concevoir des alvéoles d'une seule palette plutôt que de surdimensionner les lisses.

Palettier



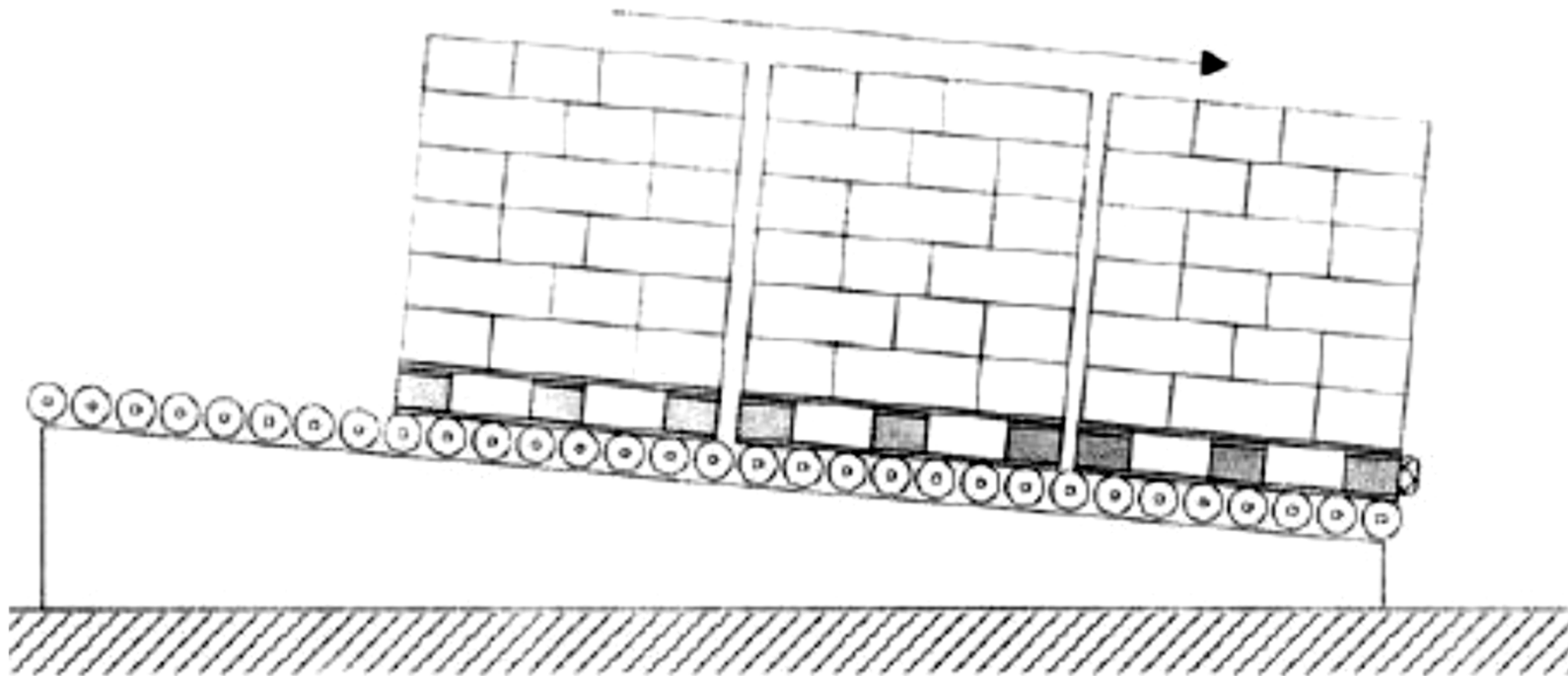
- **Le stockage mobile**

On gagne alors l'espace des allées puisqu'il suffit alors d'une seule pour un ensemble de rayonnages.



- **Stockage dynamique**

Ce mode de stockage est constitué de blocs de stockage plus ou moins longs où les palettes ou colis de même nature sont disposés les uns derrière les autres, soit sur des roulements formant un plan légèrement incliné, soit sur un transporteur horizontal.



- **Le stockage à accumulation**

Ce type d'équipement est constitué de couloirs contigus pourvus à chaque niveau de supports latéraux sur lesquels les palettes seront déposées. Dans ces équipements, les chariots rentrent à l'intérieur même des racks après avoir élevé la palette, 1 200 mm en façade, à la hauteur convenable, puis les déposent. Les jeux latéraux recommandés pour éviter une trop grande difficulté de manœuvre sont de 10 cm de part et d'autre, soit une distance entre échelles de 1400 mm. Cette solution permet des stockages théoriquement très compacts. Théoriquement, car un couloir ne peut accueillir que des palettes de la même référence et du même lot.

Rack à accumulation



Le repérage idéal d'un emplacement de stockage répond à la structure suivante :

- Zone
- Rangée
- Travée « l'ensemble des alvéoles superposées qui se trouvent entre deux échelles de palettier »
- Niveau (de la lisse ou de la tablette)
- Position (de la palette sur la lisse ou du bac sur la tablette).

Palettisation

La palettisation consiste à disposer les marchandises sur une palette. Cette opération permet par la suite d'accélérer les opérations de manutention, d'entreposage et d'expédition. La palettisation permet aussi de réaliser un meilleur taux de remplissage des véhicules de transport.

- **Les palettes**

Plateau rectangulaire aux dimensions standardisées, le plus souvent en bois, sur lequel on peut poser une certaine quantité de marchandises, la palette constitue une unité de charge manipulable et déplaçable avec un chariot élévateur à fourche ou un transpalette. Les palettes sont avec les chariots élévateurs ou transpalettes qui servent à les manipuler, la base même de la logistique moderne et leur gestion mérite un examen attentif.

Il existe deux types de palettes standardisées :

- **Les palettes EURO**: plus utilisées en Europe, les « palettes Europe » ou « EUR-EPAL », aux dimensions normalisées de 800 mm de largeur par 1 200 mm de longueur.
- **Les palettes ISO** : Les formats des palettes les plus utilisés ou encore « Formats standards » sont décrits d'après leurs dimensions (largeur x Longueur) :
 - Type A : 800 mm x 1 200 mm
 - Type B : 1 000 mm x 1 200 mm
 - Type C : 1 200 mm x 1 200 mm.

Comme toute nouvelle technique, la palettisation entraîne un langage spécifique, pour cela aborder une terminologie est primordiale pour se familiariser avec les termes nécessaires à la compréhension de ce qui va suivre.

Terminologie

- **Palettiser** : grouper ou empiler des colis sur des palettes ou d'autres supports, en vue d'opérations de manutention, de transport et de stockage.
- **Colis (ou charge unitaire)** : plus petite unité indivisible utilisée dans les opérations de palettisation ou de dépalettisation.
- **Les positions des colis possibles** :
 - à plat : la plus grande surface au sol ;
 - à chant : la surface intermédiaire au sol ;
 - debout : la plus petite surface au sol.

- **Couche** : groupement sur un plan horizontal de plusieurs rangées.

- **Paletée** : est le chargement de la palette, c'est-à-dire l'ensemble des colis déposés sur la palette.

La paletée est caractérisée par un schéma de palettisation et par un nombre de couches. Les couches peuvent être croisées, en faisant alterner plusieurs schémas de palettisation, afin d'augmenter la cohésion.

Charge palettisée : ensemble de la paletée, de la palette ou d'un autre support et des moyens éventuels de cohésion de l'ensemble groupés de façon à constituer une unité de manutention de transport ou de stockage.

Matériels de manutention

Deux types de manutentions à distinguer :

- Les manutentions visibles ; à savoir les opérations de chargement et de déchargement ;
- Les manutentions invisibles ; cela correspond au cas où l'ouvrier approvisionne sa machine (des opérations effectuées par les magasiniers d'entrepôts)

Les matériels de stockage

- Il est vrai que le choix du matériel de manutention est primordial en fonction des produits à manutentionner et donc de la productivité de l'entrepôt. Toutefois, ce serait une erreur que d'ignorer le coût des surfaces de stockage- même lorsque les locaux appartiennent à l'entreprise.
- L'étude des matériels de stockage permet d'adapter les moyens de stockage aux produits à stocker sur un minimum de surface.

Exemple de matériels de manutention



**Transpalette à Main
(Manuel)**



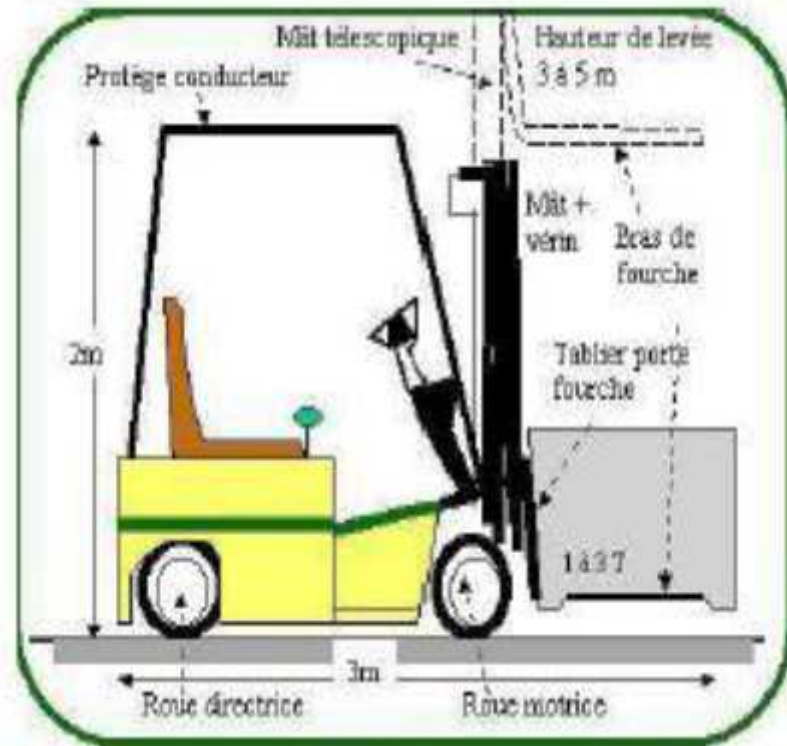
**Transpalette à Moteur
(moteur électrique)**

Exemple de matériels de manutention



Chariot t préparateur de commande (jusqu'à 1 tonne)

Exemple de matériels de manutention



**Chariot élévateur frontal
(en porte à faux)**

Exemple de matériels de manutention



Chariot élévateur à contre poids

Exemple de matériels de manutention

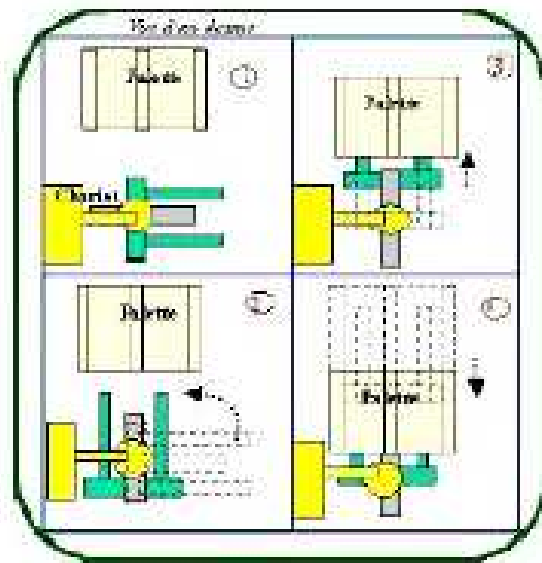


Le siège latéral



Chariot à mât rétractable

Exemple de matériels de manutention



Fourche pivotante ou tridimensionnelle

Exemple de matériels de manutention



Transtockeur

Exemple de matériels de manutention



Chariots sans conducteurs

Exemple de matériels de manutention



Transporteurs et système de tri

La palettisation

La palettisation

Dans le vocabulaire logistique des entrepôts, la palettisation est un mot bien connu. C'est une méthode d'organisation, d'expédition ou de magasinage qui consiste à placer la marchandise sur une palette afin de leur assurer une protection optimale. La palettisation fait partie des systèmes de manutention qui se sont le plus développés au cours des trois dernières décennies.

- **Charge palettisée** : ensemble de la palettée, de la palette ou d'un autre support et des moyens éventuels de cohésion de l'ensemble groupés de façon à constituer une unité de manutention de transport ou de stockage.

Les dimensions de la charge palettisée doivent être compatibles avec le gabarit des structures de stockage et des moyens de transport. Cette condition peut être satisfaite avec un type de palette normalisée. Si les colis sont tous identiques on parlera de **charge homogène**, si les colis sont de nature, les dimensions, les formes ou le poids variés, on parlera de **charge hétérogène**.

• **Les critères de qualité** : pour obtenir une charge homogène ou hétérogène qui soit :

- Solide
- Stable
- Sans cassure
- De bonne qualité
- De bonne cohésion
- Compacte.

Le coefficient d'occupation de surface :

$$\text{Coef} = S_e \cdot N / S_{cu}$$

S_e = la surface d'un coli,

N = le nombre de colis,

S_{cu} = la surface de la charge palettisée

On peut considérer comme :

- Très bon : un coefficient supérieur ou égal à **0.93** ;
- Bon : un coefficient compris entre **0.88** et **0.93** ;
- Moyen : un coefficient compris entre **0.83** et **0.88** ;
- Mauvais : un coefficient inférieur à **0.83**.



Palette hétérogène et homogène

Recherche d'un plan de palettisation

Pour effectuer une palettisation manuelle efficace, plusieurs méthodes sont possibles : quelles sont les plus rentables, les plus rapides, les plus pratiques ?

a. Palettisation des charges hétérogènes : il n'existe pas de méthode, le manutentionnaire doit placer les colis lourds dessous et les colis légers dessus en évitant les débords.

b. Palettisation des charges homogènes, il existe plusieurs méthodes : la méthode matricielle, la méthode comparative, la méthode graphique Fenwick, la méthode des plans types, la méthode arithmétique, Logiciel informatique.

Palettisation des charges homogènes

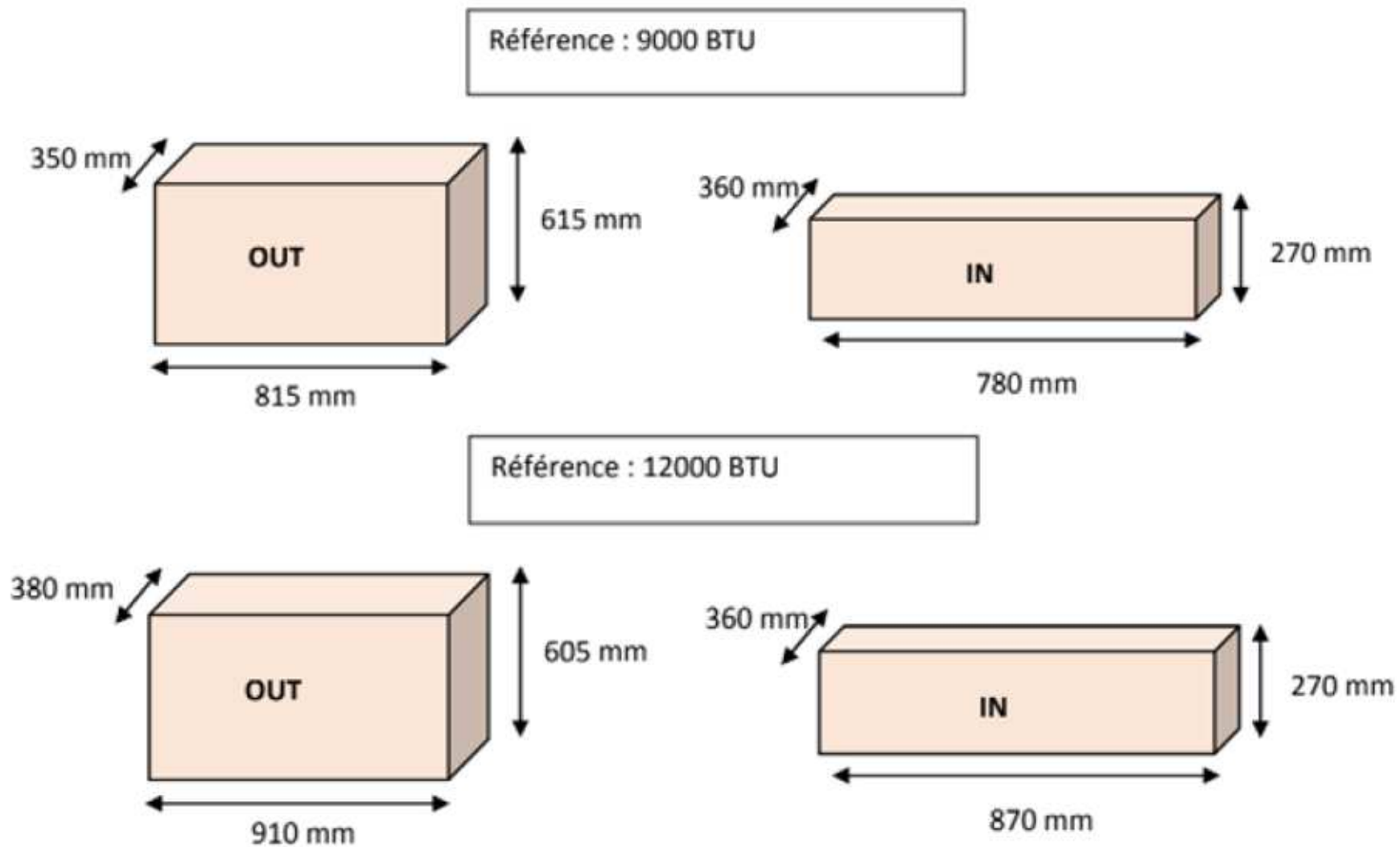
Si les colis sont tous identiques on parlera de charge homogène, une palette composée des produits qui répondent tous à la même référence, comporte l'avantage d'être plus compacte et donc plus stable pendant le transport.

Nous effectuerons des palettisations avec différentes méthodes afin de choisir la plus efficace.

Les différents donnés utilisés seront représentés ci-dessous

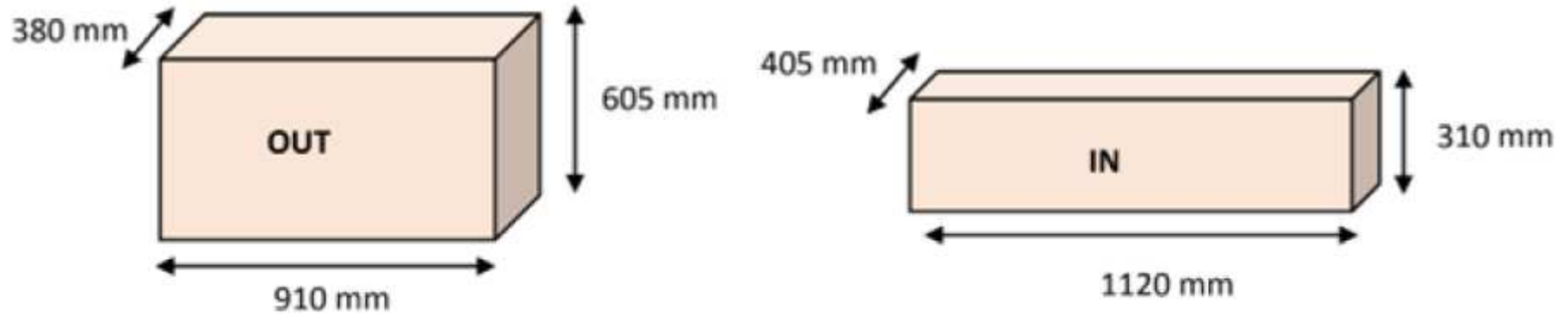
Différents donnés utilisés	
Les formats des palettes utilisés sont décrits d'après leurs dimensions (largeur x Longueur x hauteur exprimée en mm) :	<ul style="list-style-type: none">• Type A : 800 x 1 200 x 144• Type B : 1 000 x 1 200 x 144• Type C : 1 200 x 1 200 x 144
La hauteur d'un niveau sur les racks standard « hauteur d'un alvéole »	<ul style="list-style-type: none">• 1,90 m
Les dimensions d'une Remorque Renault	<ul style="list-style-type: none">• Longueur : 13,32 m• Largeur : 2,48 m• Hauteur : 2,70

Les dimensions des articles « Climatiseur Brandt Algérie »

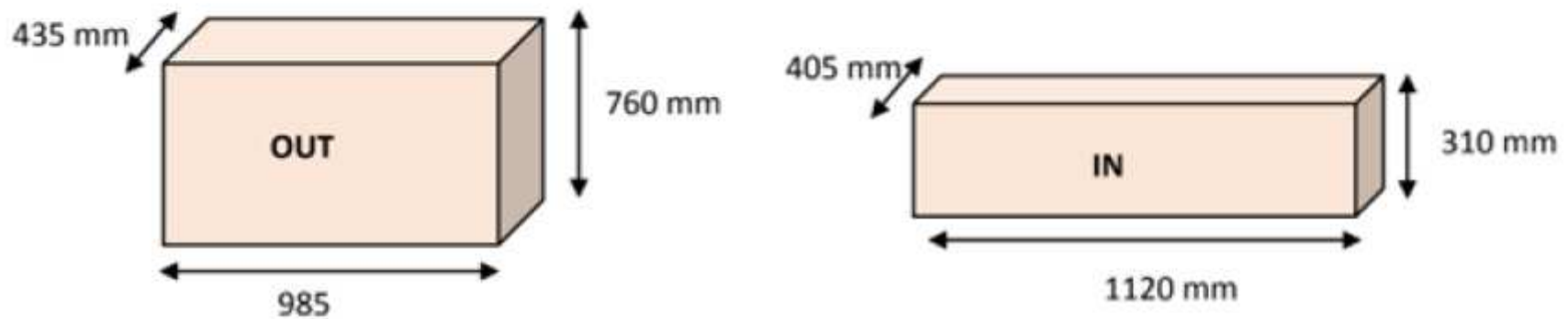


Les dimensions des articles « Climatiseur Brandt Algérie »

Référence : 18000 BTU



Référence : 24000 BTU



Plan de palettisation

1.La méthode comparative

Définition :

Pour calculer le nombre théorique de colis par couche en divisant la surface de la palette par celle du colis.

Soient a et b ($a > b$) les dimensions de base des colis, P et p ($P > p$) les dimensions de base de la palette.

- Sachant que la surface de la palette est : $S = Pp$;
- Et que la surface d'un colis est : $s = ab$;
- On obtient la quantité maximale n de colis qui puisse être disposée sur une couche par : $n = S/s$.

Une fois le plan trouvé il ne restera plus qu'à déterminer le nombre de couche.

Soient :

- Nombre de couche : $N = \text{hauteur autorisé « H »} / \text{hauteur coli « h »}$;
- hauteur autorisé « H » = $1900 - 144 = 1765$ mm.

Application :

La détermination du plan de palettisation pour la référence 9000 BTU en utilisant la méthode comparative, est comme suit :

Référence 9000 BTU		
	<i>Coli IN</i>	<i>Coli OUT</i>
P	1200	1200
P	800	800
S= P x p	960000	960000
A	780	815
B	360	350
S= a x b	280800	285250
n = S/s	3	3
H	1756	1756
H	270	615
N	6	2
Nombre de colis / palette	18	6
Coefficient d'occupation de surface	0.87 « moyen »	0.89 « bon »

La méthode comparative

Problèmes rencontrés :

Les calculs du nombre théorique de colis par palette montrent leurs limites car :

- Après simulation et essaie de disposition réelle de colis, il s'est avéré que l'application de la méthode n'est valable réellement que pour les palettes de dimension 800 x 1200 mm ;
- La disposition des colis sur la palette n'est pas donnée ;
- Le risque de perte d'espace de rangement sur les palettes.
- La perte du temps et d'effort par rapport à sa nature manuelle.

Pour ces limites, on propose l'utilisation d'une autre méthode de palettisation qui est la méthode graphique.

2. Le Système Graphique PALETT O'GRAF Fenwick

Cette méthode permet d'obtenir les combinaisons de longueurs et de largeurs de colis à l'aide d'un diagramme (le Palett-o-graf de Fenwick).

Le tableau ci-dessous résume les étapes de cette méthode

Étapes	Moyens de réalisation
1. Déterminer les caractéristiques de la charge.	<ul style="list-style-type: none">• Le poids d'un coli et ses dimensions (L x l x h).• La gerbabilité des colis (pictogramme).• Le nombre total des colis homogènes à palettiser.• La hauteur et le poids maximum de la charge palettisée.
2. Répertorier les types de palettes disponibles.	<ul style="list-style-type: none">• Dimensions.• Charge utile.
3. Réaliser un graphe pour chaque type de palette répertoriée.	<ul style="list-style-type: none">• Tracer 2 axes X et Y d'une dimension supérieure à la longueur de la palette à tester. Reporter sur l'axe des abscisses X, la longueur et la largeur de la palette testée.• Recommencer sur l'axe des ordonnées Y.• Tracer d'axe en axe :<ul style="list-style-type: none">- une oblique pour relier les largeurs de la palette,- une oblique pour relier les longueurs de la palette.

4. Représenter les colis.	<ul style="list-style-type: none"> • À partir de l'origine du graphe : <ul style="list-style-type: none"> - reporter sur l'axe des abscisses, la longueur d'un coli - reporter sur l'axe des ordonnées, la largeur d'un coli - représenter le premier coli • Répéter l'opération le long de chaque axe pour tendre vers la dimension maximale des palettes sans la dépasser. • Compléter le graphe par d'autres colis dans la limite des obliques.
5. Interpréter le graphe.	<ul style="list-style-type: none"> • Repérer et identifier les intersections des arêtes des colis avec les obliques. • Compter le nombre de largeurs et/ou longueurs disposées sur les côtés de la palette.

6. Choisir le plan de palettisation optimal.	<ul style="list-style-type: none"> • Retenir l'implantation minimisant la surface inoccupée. • Totaliser le nombre des colis formant le 1er lit (couche)
7. Calculer le nombre total des colis par palette.	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer la hauteur de la charge. • Calculer le nombre de lits en divisant la hauteur limite de la charge par la hauteur d'un coli (arrondir à l'unité inférieure). • Multiplier le résultat par le nombre des colis du 1er lit (couche).

Application :

La détermination du plan de palettisation pour la référence 9000 BTU en utilisant la méthode graphique, est présentée comme suit :

Consignes: hauteur d'alvéole 1 900 mm

1) Déterminer les caractéristiques de la charge :

Dimensions d'un carton « Coli IN » : $L \times l \times h = 780 \times 360 \times 270$ mm

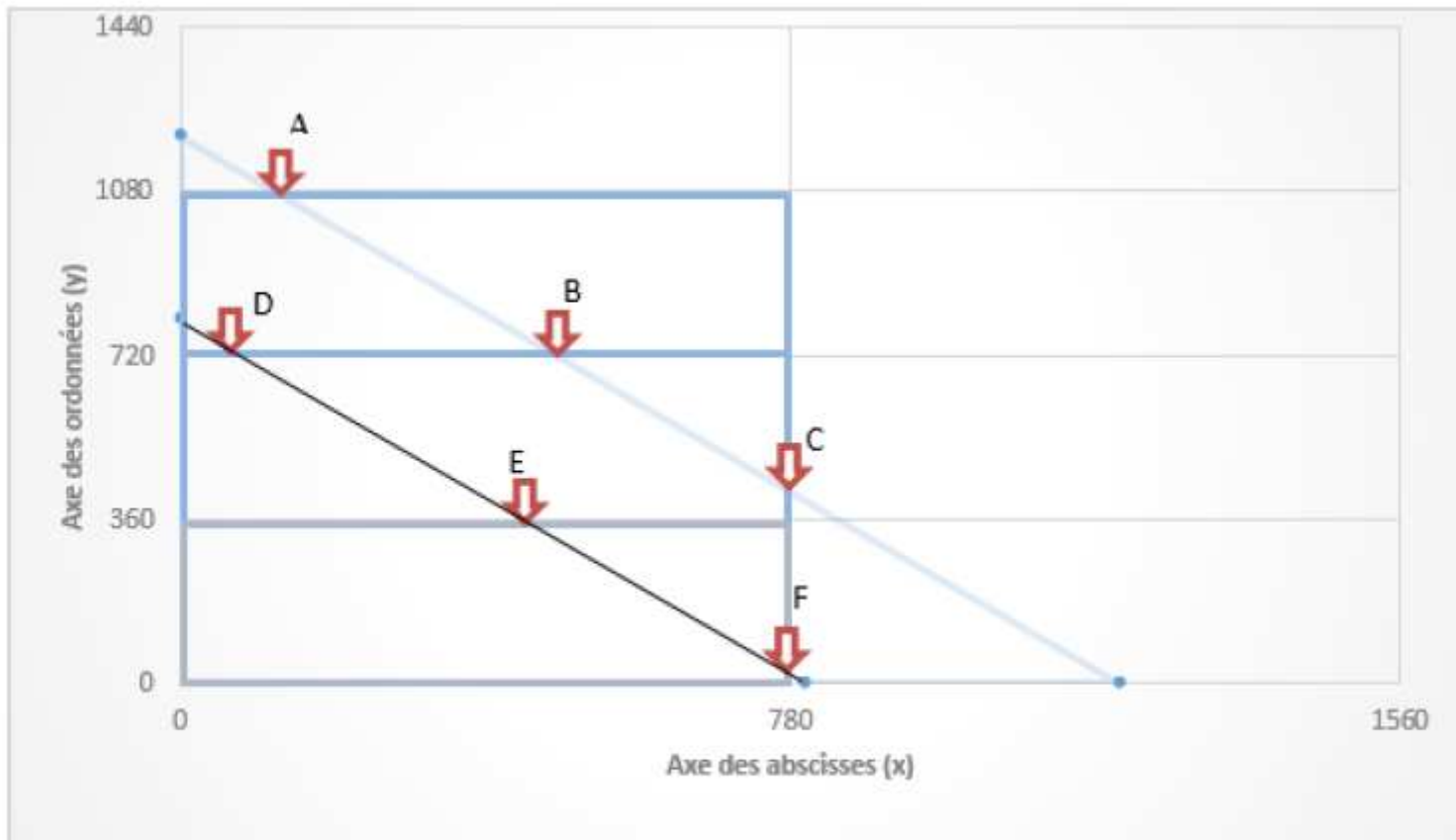
poids d'un coli 9.1 kg

2) Type de palette disponible :

Palette format : 800 x 1 200 x 144 mm

3) Réaliser le graphe et représenter les cartons :

- ✓ Représenter l'axe des abscisses et celui des ordonnées
- ✓ repérer la longueur et la largeur de la palette sur chacun des axes Y
- ✓ tracer 2 obliques, l'une reliant les longueurs, l'autre reliant les largeurs
- ✓ À partir de l'origine, vous repérez la longueur du coli (780mm) sur l'axe des abscisses (x) et sa largeur (360 mm) sur l'axe des ordonnées (y) puis vous représentez le 1er coli
- ✓ Vous répétez l'opération le long de chaque axe sans dépasser la dimension maximale de la palette (1 200 mm).



Représenter des colis sur le graphe Fenwick

Interpréter le graphe

- ✓ Vous repérez et identifiez les intersections des arêtes supérieure ou inférieure des colis avec les axes et les obliques.
- ✓ Vous projetez les intersections sur les axes et comptez le nombre de largeurs et/ou de longueurs complètes représentées jusqu'à l'origine du graphe.
- ✓ Vous calculez les longueurs occupées.

Choisir le plan de palettisation

Lecture côté palette 1 200 :

$$\Rightarrow A = 3 \text{ largeurs: } 3 \times 360 = 1080 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow B = 2 \text{ largeurs : } 2 \times 360 = 720 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow C = \text{une largeur} + \text{une longueur : } 360 + 780 = 1140 \text{ mm}$$

Lecture côté palette 800 :

$$\Rightarrow D = 2 \text{ largeurs : } 2 \times 360 = 720 \text{ mm}$$

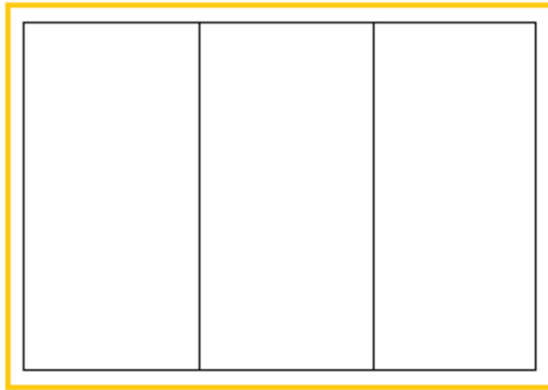
$$\Rightarrow E = \text{une largeur : } 360 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow F = \text{une longueur : } 720 \text{ mm}$$

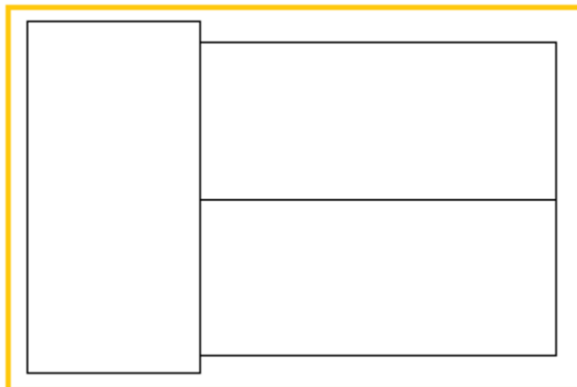
Choisir le plan de palettisation optimal

Vous représentez les colis sur la palette en une vue de dessus :

⇒ Solution A / F : **3 colis**



⇒ Solution C / D : **3 colis**



Solution optimal : 3 colis peuvent être placés sur chaque lit (plat, niveau, couche).

Calculer le nombre total de colis par palette

Définir la hauteur de la charge palettisée :

Hauteur alvéole – hauteur de la palette = $1900 - 144 = 1756\text{mm}$

Nombre de couches :

Hauteur de la charge / hauteur d'un carton = $1756 / 270 = 6.50$ lits en théorie 6 couches en réel.

Nombre total de colis sur la palette = **3 colis x 6 lits = 18 colis**

8) Le coefficient d'occupation de surface :

$$\text{Coef} = Se \times N / Scu$$

$$\text{Coef} = 280800 \times 3 / 960000 = \mathbf{0.87}$$

Interprétation : le coefficient d'occupation compris entre 0.83 et 0.88 donc le plan de palettisation est moyen.

Problèmes rencontrés :

L'application de cette méthode montre ses limites qui sont :

- Le risque de perte d'espace de rangement sur les palettes.
- La perte du temps et d'effort par rapport à sa nature manuelle.
- La méthode est compliquée à appliquer et à implémenter.
- La difficulté de la méthode limite son application par rapport aux autres références.

Pour ces limites, on propose l'utilisation d'une autre méthode de palettisation qui est la méthode matricielle.

3.Méthode matricielle

Dans le cadre de l'optimisation des plans de palettisation, plusieurs méthodes existent. Parmi ceux-ci la méthode matricielle.

Définition

Cette méthode s'appuie sur l'utilisation d'une matrice de calcul. Elle donne une solution de base intéressante en particulier pour les charges que l'on peut poser sur n'importe quelle face.

Pour calculer le nombre théorique de colis par palette, il existe six positions différentes pour positionner les colis. La question est de savoir comment les positionner sur la palette pour en charger le maximum possible et optimiser le taux de chargement.

- La réponse est toute simple, il suffit de dresser une matrice dans laquelle on détermine le nombre de colis pouvant être posés suivant la longueur, la largeur ou la hauteur de la palette.
- Ensuite on calcule pour chaque position, le nombre maximum de colis qui peut être chargé.

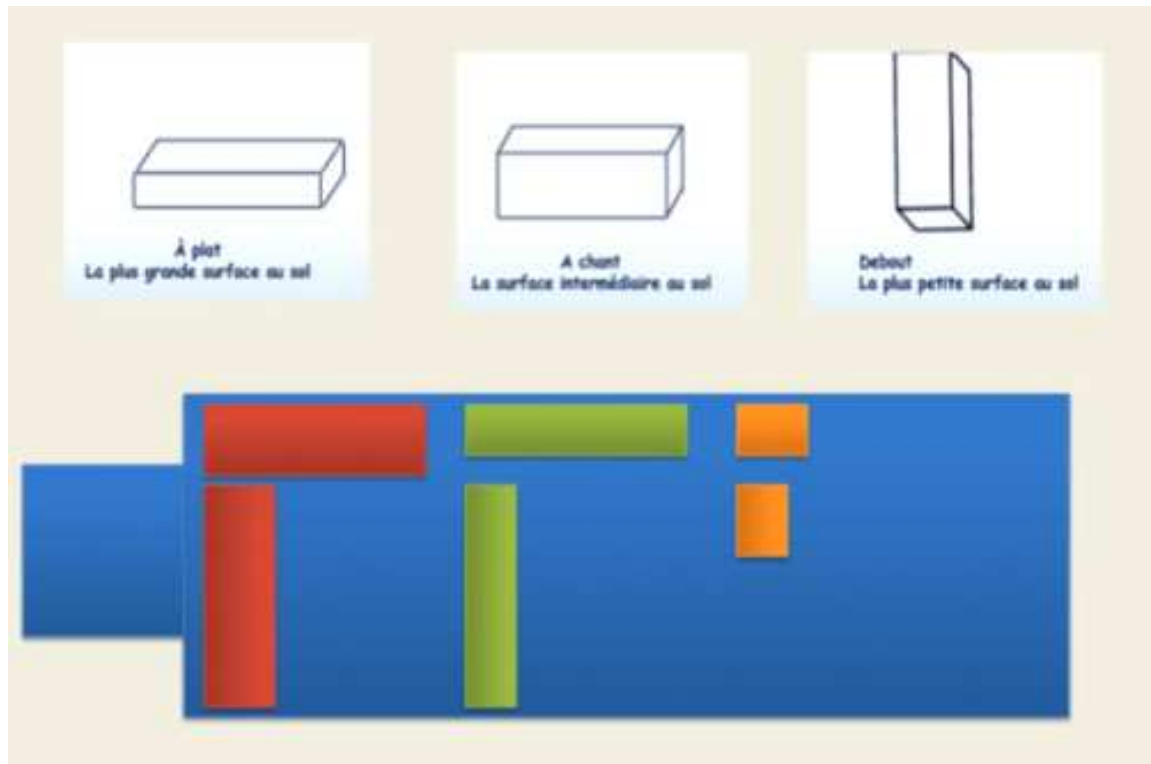
La 1ère ligne contient les dimensions de la palette et la 1ère colonne celles des colis. A partir de ses dimensions on peut définir les six propositions de positions de palettisation possibles pour enfin en tirer l'optimale.

Soient l , p et h les dimensions de base des colis ; L , P et H les dimensions de base de la palette.

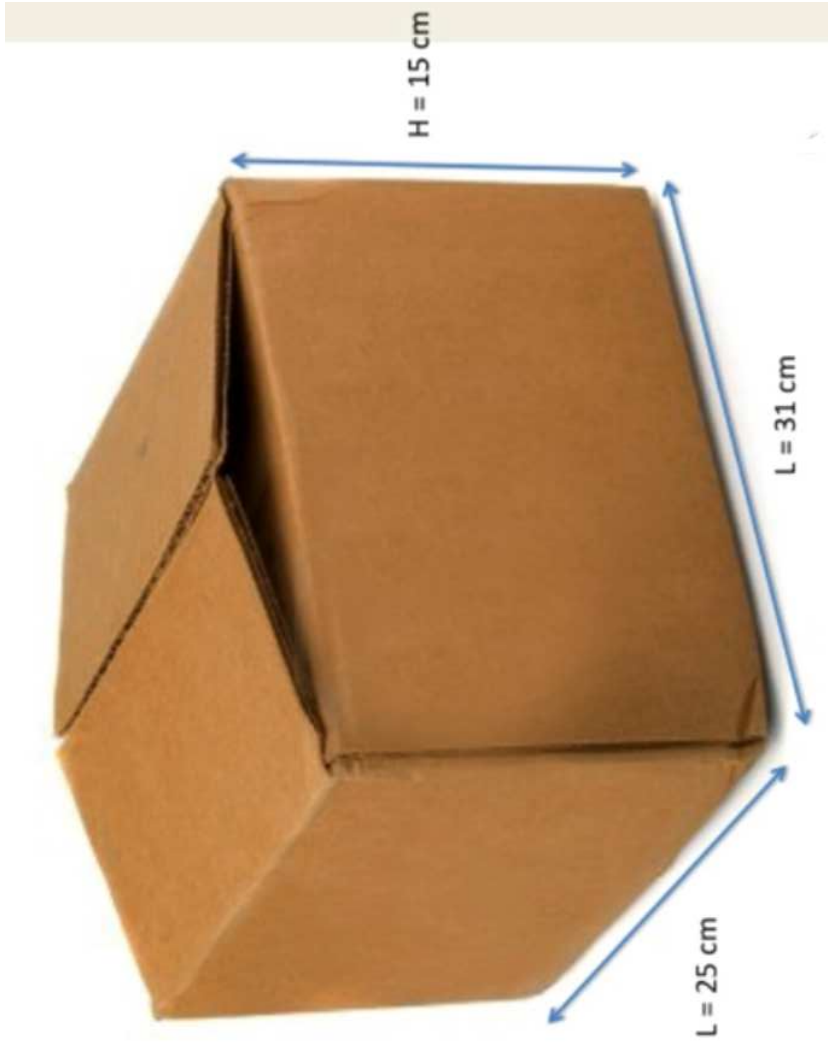
Dimension de coli	Dimension de la palette			
		Longueur « L »	Profondeur « P »	Hauteur disponible « H »
	longueur « l »	L/l	P/l	H/l
	profondeur « p »	L/p	P/p	H/p
hauteur « h »	L/h	P/h	H/h	

Matrice à 3 dimensions

Exemple


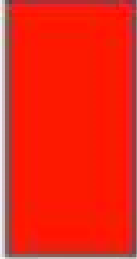
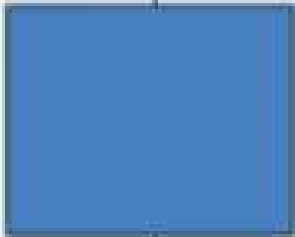
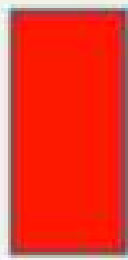


6 positions






Dimensions de la palette		
$l = 120$	$i = 80$	$h = 100$
$120/31 = 3$	$80/31 = 2$	$100/31 = 3$
$120/25 = 4$	$80/25 = 3$	$100/25 = 4$
$120/15 = 8$	$80/15 = 5$	$100/15 = 6$

Dimension des cartons	
$l = 31$	
$i = 25$	
$h = 15$	

Dimensions de la palette		
$l = 120$	$l = 80$	$h = 100$
$120/31 = 3$		
$l = 31$	$80/25 = 3$	$100/15 = 6$
$l = 25$		
$h = 15$		
Dimension des cartons		

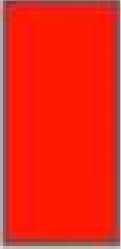
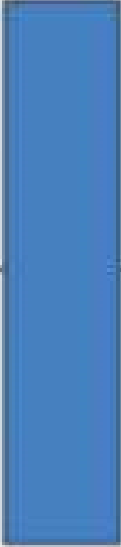

1ère combinaison : $3 \times 3 \times 6 = 54$ cartons par palette

Dimensions de la palette		
$l = 120$	$l = 80$	$h = 100$
$l = 31$	$120/31 = 3$	
$l = 25$		$100/25 = 4$
$h = 15$	$80/15 = 5$	
Dimension des cartons		

1ère combinaison : $3 \times 3 \times 6 = 54$ cartons par palette




2ème combinaison : $3 \times 5 \times 4 = 60$ cartons par palette

h

Dimensions de la palette		
$l = 120$	$l = 80$	$h = 100$
$l = 31$	$80/31 = 2$	
$l = 25$	$120/25 = 4$	
$h = 15$		$100/15 = 6$
Dimension des cartons		


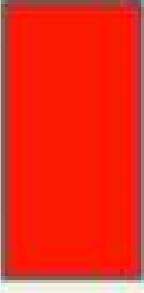

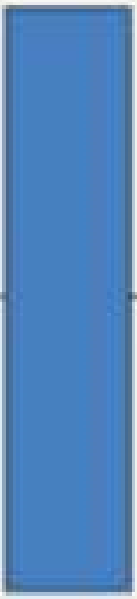


3ème combinaison : 4 x 2 x 6 = 48 cartons par palette

Dimensions de la palette			Dimension des cartons		
$l = 120$	$l = 80$	$h = 100$	$l = 31$		$100/31 = 3$
			$l = 25$		
			$h = 15$		$80/15 = 5$




3ème combinaison : $4 \times 2 \times 6 = 48$ cartons par palette

4ème combinaison : $4 \times 5 \times 3 = 60$ cartons par palette

Dimensions de la palette		
$l = 120$	$l = 80$	$h = 100$
$l = 31$		$100/31 = 3$
	$80/25 = 3$	
		
	$120/15 = 8$	
Dimension des cartons		
$l = 31$		
$l = 25$		
$h = 15$		



5ème combinaison : 8 x 3 x 3 = 72 cartons par palette

Dimensions de la palette		
$l = 120$	$l = 80$	$h = 100$
$l = 31$	$80/31 = 2$	
$l = 25$		$100/25 = 4$
$h = 15$	$120/15 = 8$	
Dimension des cartons		

5ème combinaison : $8 \times 3 \times 3 = 72$ cartons par palette

6ème combinaison : $8 \times 2 \times 4 = 64$ cartons par palette



Les différentes combinaisons

3 x 3 x 6 = 54 cartons par palette

3 x 5 x 4 = 60 cartons par palette

4 x 2 x 6 = 48 cartons par palette

4 x 5 x 3 = 60 cartons par palette

8 x 3 x 3 = 72 cartons par palette

8 x 2 x 4 = 64 cartons par palette

8 x 3 x 3 = 72 cartons par palette

Dimensions de la palette				
$l = 120$	$l = 80$	$h = 100$		
$l = 31$	$80/31 = 2$	$100/31 = 3$		
$l = 25$	$80/25 = 3$	$100/25 = 4$		
$h = 15$	$80/15 = 5$	$100/15 = 6$		
Dimension des cartons				

Application :

Détermination du plan de palettisation pour la référence 9000 BTU en utilisant la méthode matricielle. (Les dimensions exprimées en mm)

➤ Application pour des Colis IN référence 9000 BTU

Dimension de coli IN Référence 9000 BTU	Dimension de la palette A			
		L = 1200	P = 800	H = 1900 – 144 =1756
	I = 780	$1200/780 =$ 1	$800/780 =$ 1	$1756/780 =$ 2
	P = 360	$1200/360 =$ 3	$800/360 =$ 2	$1756/360 =$ 4
	H = 270	$1200/270 =$ 4	$800/270 =$ 2	$1756/270 =$ 6

Matrice à 3 dimensions de coli IN référence 9000 BTU

Calcul des plans de palettisation possibles

A partir de la matrice dont le calcul du nombre possible de colis disposés sur une palette de type A, on a les combinaisons de palettisation suivantes :

Si on prend en considération la première intersection des lignes et de colonnes « cellule $1200/780 = 1$ », pour déterminer combien de longueur de coli on peut mettre sur la longueur de la palette, on ignore les intersections de la première ligne et la première colonne, lorsqu'on travaille sur une cellule, on élimine automatiquement celle qui sur la même ligne et même colonne. Il ne reste donc quatre cellules pour s'avoir dans quel sens on met la longueur et la largeur. On considère la cellule « $800/360 = 2$ », donc on positionne la largeur de coli sur la largeur de la palette. On ignore ensuite celle qui sur la même ligne et même colonne. Dernière position la hauteur de coli est forcément sur la hauteur de la palette.

On aura la première combinaison pour ce cas :

- **1 2 6 = 12 Colis** par palette

« Une Longueur de colis sur la longueur de la palette, deux largeurs de coli sur la largeur de la palette et six hauteur de coli sur la hauteur de la palette »

On procède de la même façon pour les autres combinaisons.

- **1 2 4=8 Colis**
- **3 1 6=18 Colis**
- **3 2 2=12 Colis**
- **4 1 4=16 Colis**
- **4 2 2=16 Colis**

La palettisation optimale correspond à celle dont un nombre maximum de colis sont disposés sur la palette, et ça représente **18 colis** disposés comme suit :

« Trois largeurs de colis sur la longueur de la palette, une longueur de coli sur la largeur de la palette et six hauteurs de coli sur la hauteur de la palette. »

Le coefficient d'occupation de surface :

$$\text{Coef} = Se \times N / Scu$$

$$\text{Coef} = 280800 \times 3 / 960000 = \mathbf{0.87}$$

Interprétation : le coefficient d'occupation est compris entre 0.83 et 0.88 donc le plan de palettisation est moyen.

➤ **Application pour des Colis OUT référence 9000 BTU**

		Dimension de la palette		
		L = 1200	P = 800	H = 1900 – 150 =1756
Dimension de coli OUT Référence 9000 BTU	l = 815	1200/815 = 1	800/815 = 0	1756/815 = 2
	p = 350	1200/350 = 3	800/350 = 2	1756/350 = 5
	h = 615	1200/615 = 1	800/615 = 1	1756/615 = 2

Matrice à 3 dimensions de coli OUT référence 9000 BTU

Calcul des plans de palettisation possibles

Le calcul des plans de palettisation pour les **colis OUT** est le même calcul adopté pour les **colis IN**.

- 1 2 2=4
- 1 1 5=5
- 3 1 2=6
- 3 0 2=0
- 1 2 2=4
- 1 0 5=0

La palettisation optimale correspond à celle dont un nombre maximum de colis sont disposés sur la palette, et ça représente **6 colis** disposés comme suit :

« Trois largeurs de colis sur la longueur de la palette, une hauteur de coli sur la largeur de la palette et deux longueurs de coli sur la hauteur de la palette. »

b. Le coefficient d'occupation de surface :

$$Coef = Se \times N / Scu$$

$$Coef = 285250 \times 3 / 960000 = \mathbf{0.89}$$

Interprétation : le coefficient d'occupation est compris entre 0.88 et 0.93 donc le plan de palettisation est bon.

Problèmes rencontrés :

Les calculs du nombre théorique ou du nombre optimal de colis par palette montrent leurs limites car :

- Le risque de perte d'espace de rangement sur les palettes.
- La perte du temps et d'effort par rapport à sa nature manuelle.
- La méthode ne peut être appliquée sur des données de taille importante (un nombre grande de références ainsi une grande diversité de type de colis)

Simulateur de palettisation :

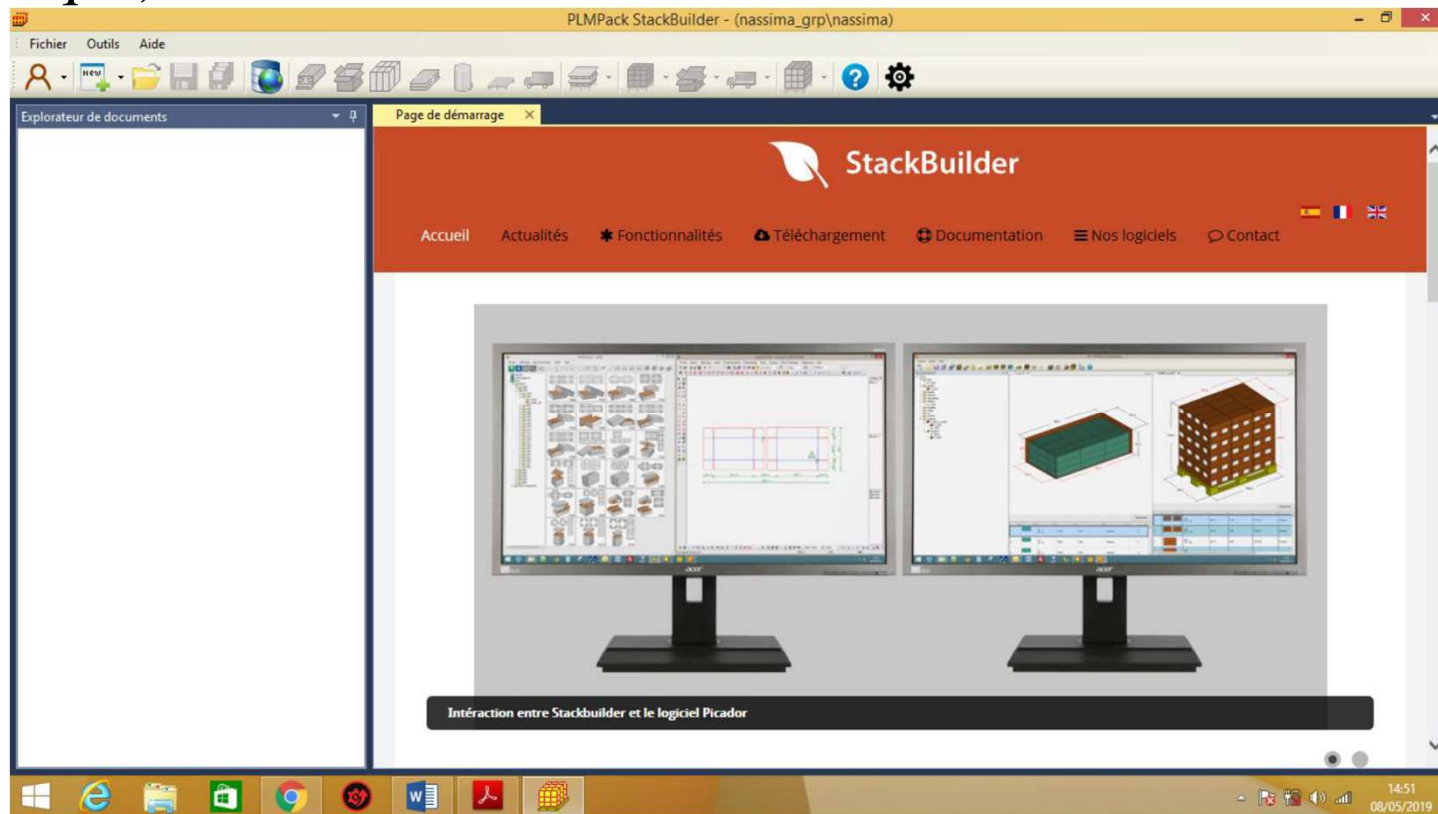
Afin de traiter le problème de palettisation homogène de manière automatique et dans le but de gagner du temps et de l'effort et aussi pour avoir des résultats pertinents, significatifs et efficaces, on propose l'utilisation de simulateur de calcul de palettisation.

De nombreux logiciels de calcul de schéma de palettisation existent. Ils sont opérationnels à l'aide d'un micro-ordinateur.

Grâce aux ordinateurs, plusieurs logiciels fournissent des conseils de base sur les modèles de palettisation et les plans de chargement, parmi les logiciels qui existe : le logiciel **StackBuilder**.

Présentation du logiciel

StackBuilder est un logiciel permet principalement d'établir un plan de palettisation à partir des caractéristiques d'un colis (appelé caisse) et d'une palette. Il est possible également d'obtenir le plan de rangement d'un article dans un colis (caisse) et même de palettes dans un véhicule (remorque, semi-remorque) ou container

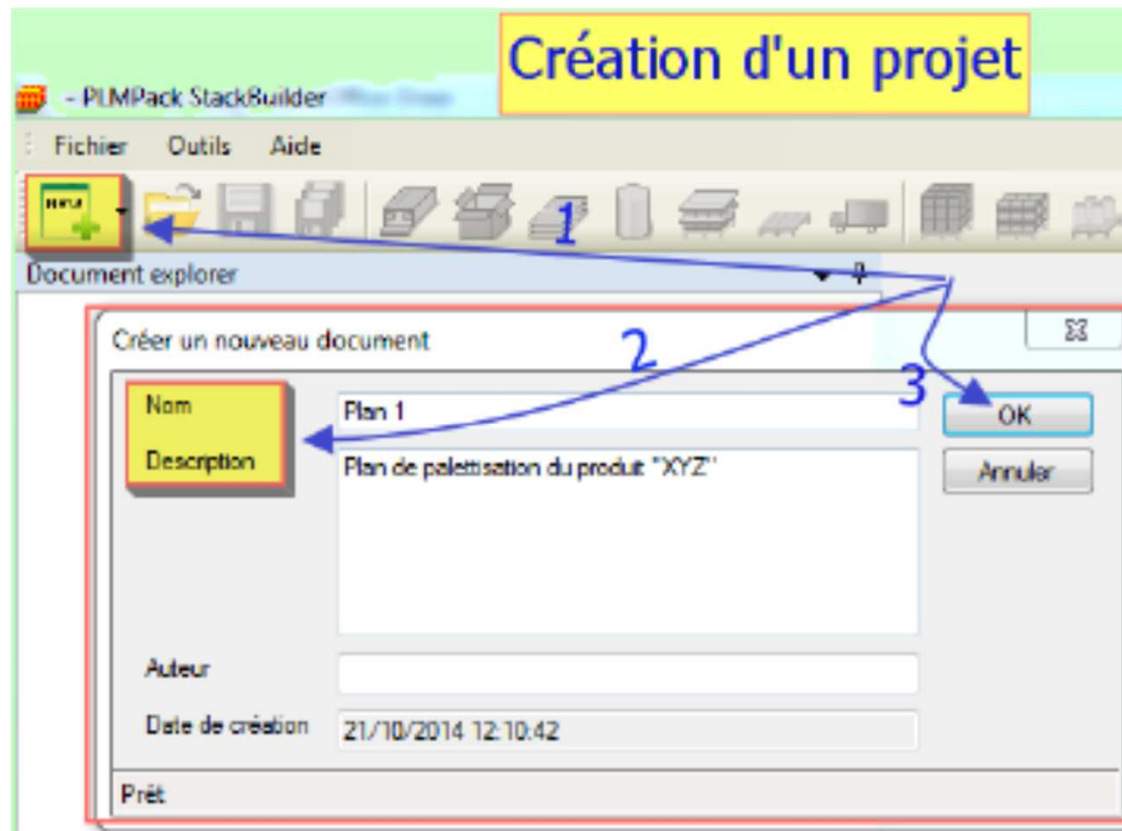


Méthode de travail du logiciel

Le principe est simple : il faut définir les caractéristiques du colis, de la palette et éventuellement fournir des contraintes liées au poids, à la hauteur de la charge palettisée.

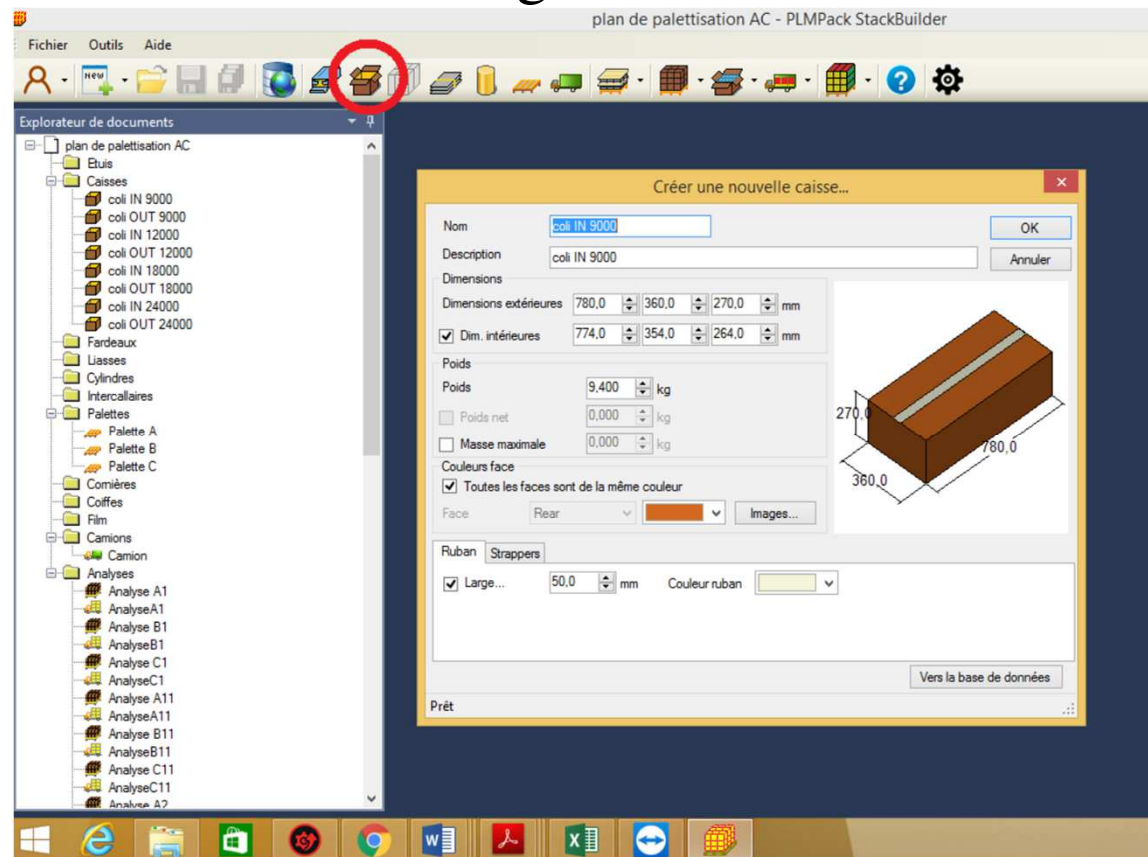
a) Lancement du logiciel et création d'un projet

Avant toute chose, il est nécessaire de lancer le logiciel et de créer un nouveau document.



b) Création d'un colis (caisse) :

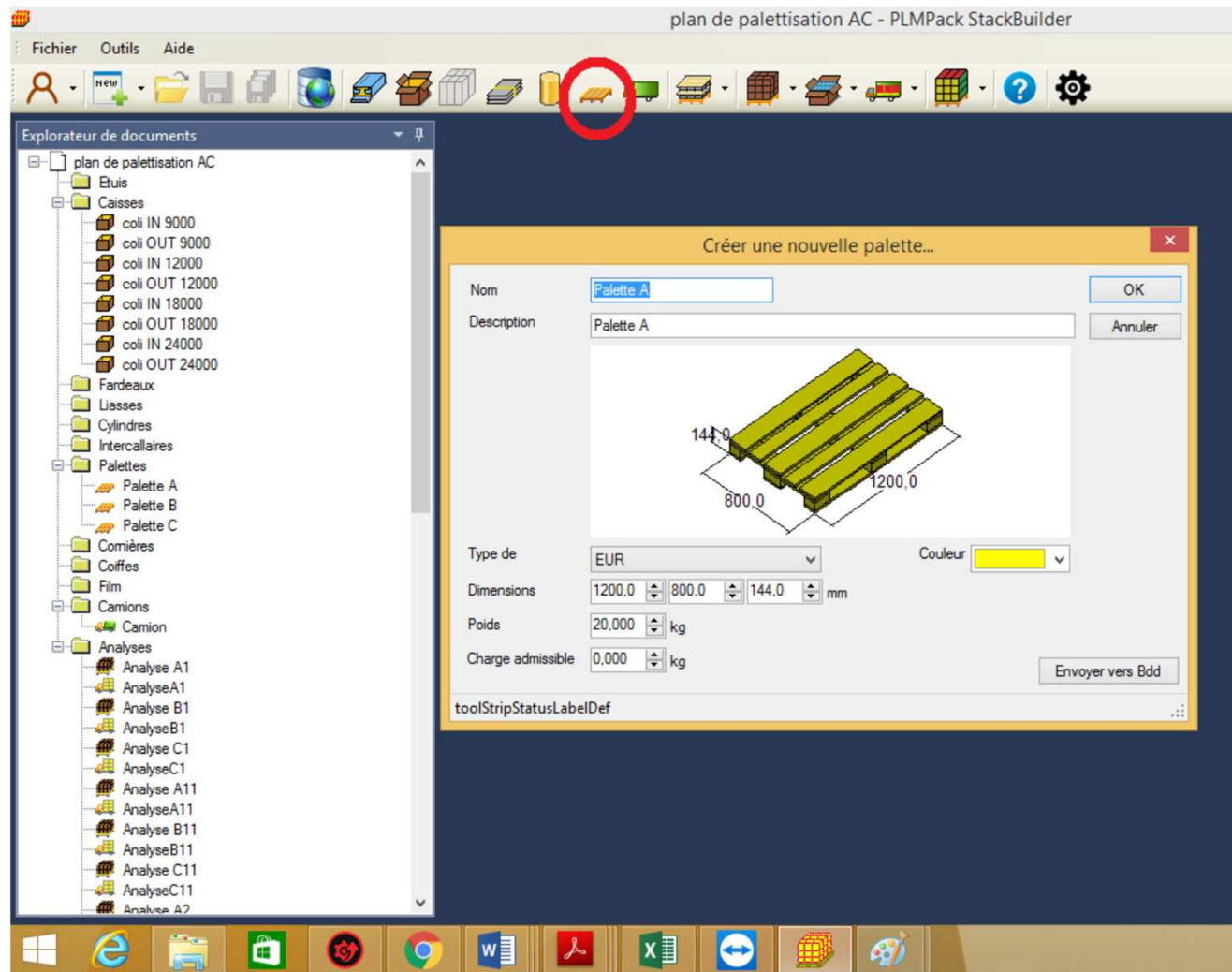
Il faut créer le colis (caisse). Cela nécessite de fournir un nom, une rapide description ainsi que les dimensions du colis et son poids. Il est possible de personnaliser chaque face du colis avec soit des couleurs, soit une image.



Création d'un nouveau coli

c) Création d'une palette :

Il est nécessaire de donner les caractéristiques de la palette (format, poids, etc...)

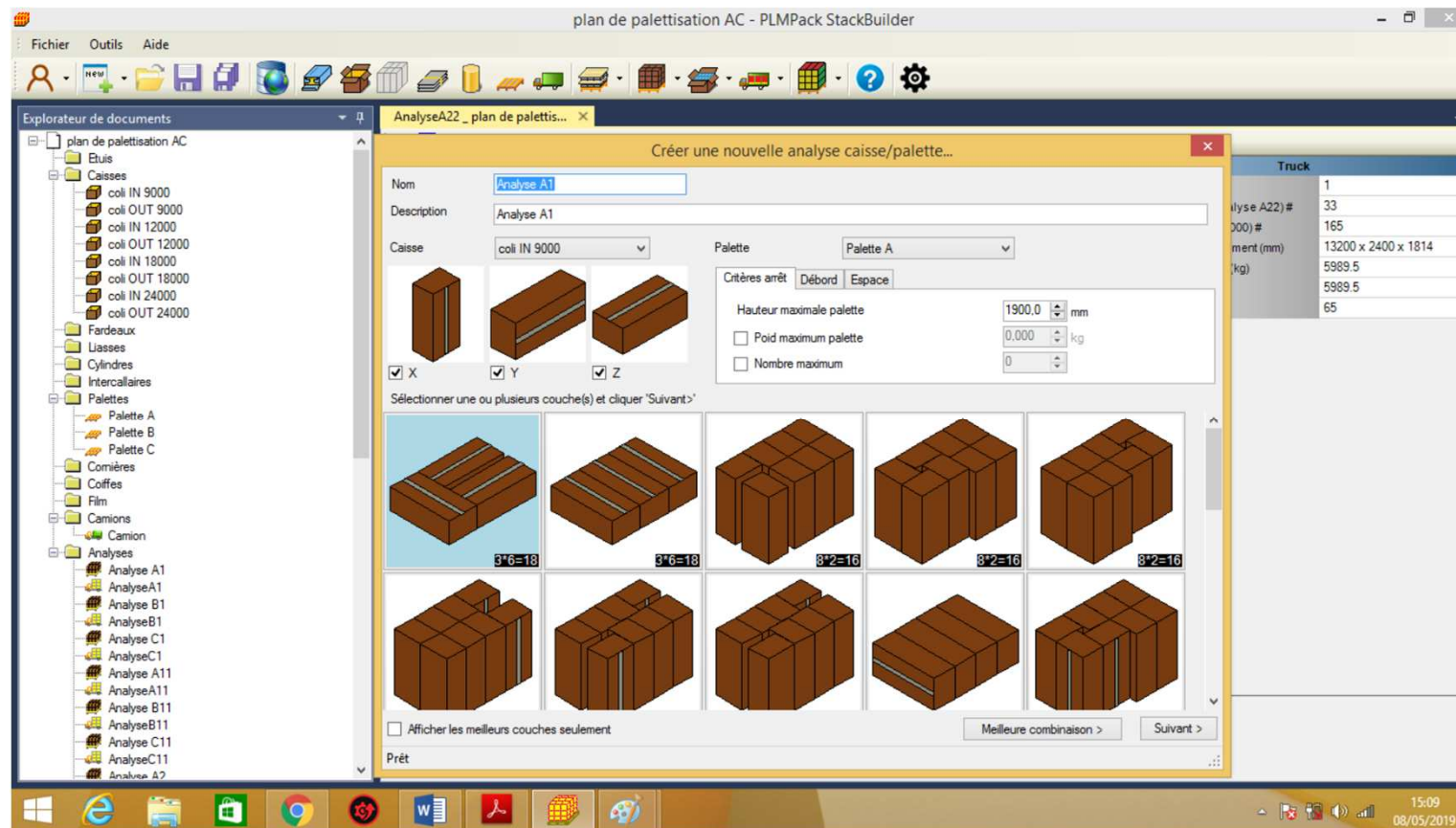


Création d'une nouvelle palette

d) Création d'un plan de palettisation :

Dès lors que les caractéristiques du colis (caisse) et de la palette ont été fournies, il est possible de demander au logiciel de proposer un ou plusieurs plans de palettisation,

Différentes contraintes peuvent être soumises au logiciel (position du colis sur la palette, hauteur de charge palettisée maximale, poids maximal, etc...



Lorsque l'analyse est terminée, le logiciel permet de faire pivoter la palette pour observer les colis sous un autre angle, Différents plans de palettisations sont proposés et permettent d'observer les manières de dispositions des colis d'un plan à un autre, Il est aussi possible de sélectionner des plans et d'avoir un affichage multiple afin de mieux les visualiser ensemble.

plan de palettisation AC - PLMPack StackBuilder

Fichier Outils Aide

Explorateur de documents

- plan de palettisation AC
 - Etuis
 - Caisses
 - coli IN 9000
 - coli OUT 9000
 - coli IN 12000
 - coli OUT 12000
 - coli IN 18000
 - coli OUT 18000
 - coli IN 24000
 - coli OUT 24000
 - Fardeaux
 - Liasses
 - Cylindres
 - Intercalaires
 - Palettes
 - Palette A
 - Palette B
 - Palette C
 - Comières
 - Coiffes
 - Film
 - Camions
 - Camion
 - Analyses
 - Analyse A1
 - AnalyseA1
 - Analyse B1
 - AnalyseB1
 - Analyse C1
 - AnalyseC1
 - Analyse A11
 - AnalyseA11
 - Analyse B11
 - AnalyseB11
 - Analyse C11
 - AnalyseC11
 - Analyse A2

AnalyseA22 _ plan de palettisa... Analyse A1 - plan de palettisa... Analyse B1 - plan de palettisa... x

Palette	
# couches	2
Caisse(coli IN 9000) #	22
Dimensions ext. (mm)	1200 x 1000 x 1704
Dimensions chargement (mm)	1080 x 990 x 1560
Masse chargement (kg)	206.8
Poids total (kg)	226.8
Efficacité (%)	79.2
Couches = All	
Caisse(coli IN 9000) #	11
Masse (kg)	103.4
Spaces	0

Critères de fin

Hauteur maximale 1900,0 mm

Poids maximum 0,000 kg

Nomb...

Comières Coiffe Film palettisation

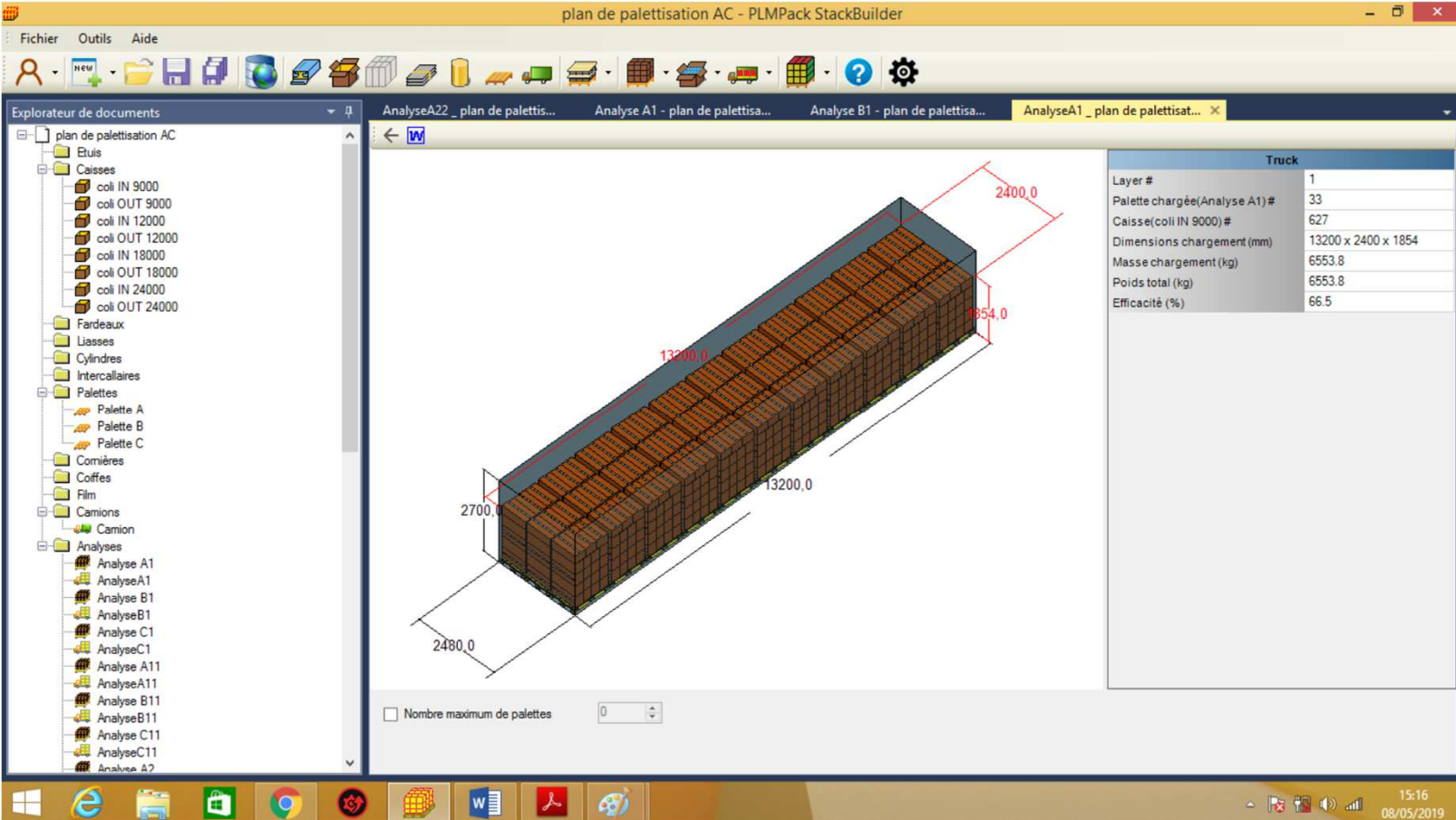
Comières

Double-cliquer une couche pour éditer patron/orientation/intercalaire.

15:12 08/05/2019

e) Optimiser le chargement d'un véhicule/container :

Il faut fournir les caractéristiques du véhicule/container, puis après avoir choisi le plan de palettisation désiré, lancer l'analyse « camion/palette »)



The screenshot displays the PLMPack StackBuilder software interface. The main window shows a 3D perspective view of a truck load. The dimensions of the load are indicated by red lines and labels: 2480,0 mm for the width, 13200,0 mm for the length, and 2400,0 mm for the height. The truck's height is also labeled as 2700,0 mm. The load is composed of multiple layers of pallets, each containing boxes. The software interface includes a menu bar (Fichier, Outils, Aide), a toolbar with various icons, and a document explorer on the left. The document explorer shows a tree view of the project files, including folders for 'plan de palettisation AC', 'Etuils', 'Caisnes', 'Fardeaux', 'Liasnes', 'Cylindres', 'Intercallaires', 'Palettes', 'Comièrnes', 'Coiffes', 'Film', 'Camions', and 'Analyses'. The 'Analyses' folder is expanded, showing a list of analysis files (Analyse A1, Analyse B1, Analyse C1, Analyse A11, Analyse B11, Analyse C11, Analyse A2). The main window also displays a summary table for the truck load analysis.

Truck	
Layer #	1
Palette chargée(Analyse A1)#	33
Caisse(coli IN 9000)#	627
Dimensions chargement (mm)	13200 x 2400 x 1854
Masse chargement (kg)	6553.8
Poids total (kg)	6553.8
Efficacité (%)	66.5

Application du logiciel (Partie TP)

Utilisation du logiciel pour l'optimisation du plan de palettisation de la famille logistique « climatiseur Brandt Algérie » 9000 BTU IN OUT, 1200 BTU IN et OUT; 1800 BTU IN et OUT; 2400 BTU IN et OUT.

Les résultats doivent être sous forme de tableaux ;

Exemple de résultat de simulation d'un plan de palatisation

Référence 9000 BTU <i>Coli IN</i>			
	Palette A « 1200x800mm »	Palette B « 1200x1000mm »	Palette C « 1200x1200mm »
Nombre de Colis / Palette	19	22	26
Nombre de Palette / Camion	33	26	22
Nombre de Colis/ Camion	627	572	572
Schéma de palettisation			

**Résultat de simulation d'un plan de palatisation
9000 BTU Coli OUT**

Référence 9000 BTU <i>Coli OUT</i>			
	Palette A	Palette B	Palette C
Nombre de Colis / Palette			
Nombre de Palette / Camion			
Nombre de Colis / Camion			
Schéma de palettisation		x x	1

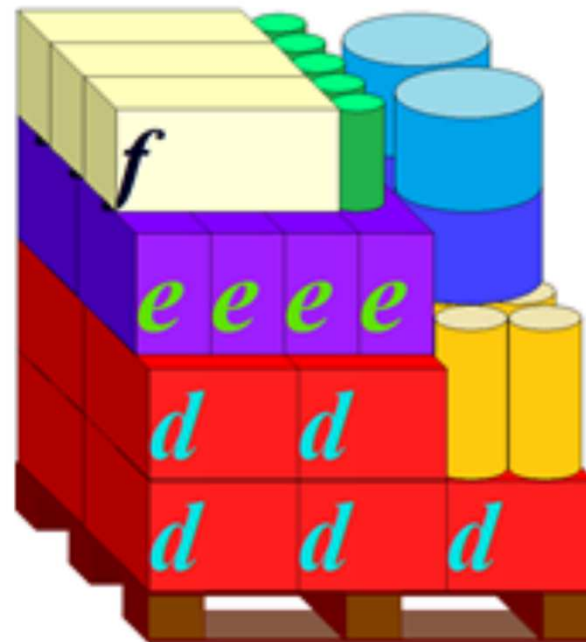
Plan de palettisation						
	<i>Coli IN</i>			<i>Coli OUT</i>		
Référence	Type Palette	Plan Couche x Coli	Nbr Coli	Type Palette	Plan Couche x Coli	Nbr Coli
9000 BTU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12000 BTU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18000 BTU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24000 BTU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tableau récapitulatif des plans choisis

Palettisation des charges hétérogènes

Si les colis sont de nature, les dimensions, les formes ou le poids variés, on parlera de charge hétérogène, une palette composée des produits différents. Il existe actuellement peu de solutions pour traiter ce problème de rangement.

Le problème que nous allons traiter est de type combinatoire, il est connu dans la littérature de la recherche opérationnelle sous différentes appellations, problème de placement, problème de rangement ou problème de Bin Packing (BPP).



Le bin packing

Le bin packing est un problème algorithmique. Il s'agit de ranger des objets avec un nombre minimum de boîtes. Le problème classique se définit en une dimension, mais il existe de nombreuses variantes en deux ou trois dimensions



Il consiste à déterminer le rangement le plus économique possible pour un ensemble d'objets.

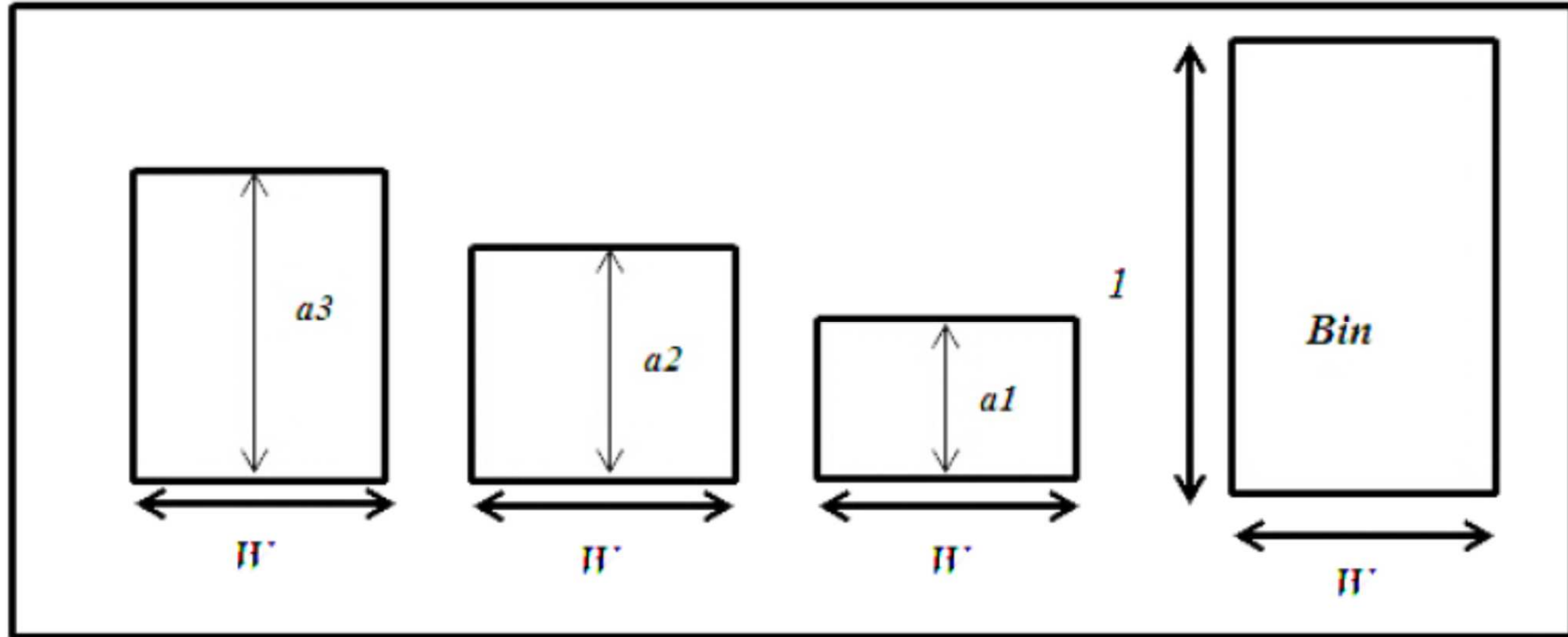
- Problème du bin-packing mono-objectif avec un seul critère à optimiser.
- Problème de bin-packing multi-objectif avec plusieurs objectifs à optimiser. Cependant, pour ce problème, ils existent plusieurs variantes, si l'on considère la dimension de celui-ci on trouve le bin-packing unidimensionnel, le bidimensionnel et le tridimensionnel.

➤ **Le problème de bin-packing en une dimension 1D (1PB)**

Le problème de bin-packing unidimensionnel présente la variante la plus classique. Tous les objets et tous les bin sont identiques, aussi l'orientation des objets n'a aucun effet.

Une instance i de Bin-packing en une dimension est défini par n objets de poids w_1, \dots, w_n et des bins (boîtes) identiques de capacités C . Donc, un problème du Bin-packing consiste à ranger tous les objets dans un nombre minimal de bins sous la contrainte que la somme des poids des objets d'un même bin ne doit pas dépasser la capacité du bin C .

Description d'un Bin-packing en une dimension (1D)



Domaine d'application

- Rangement de fichiers sur un support informatique ;
- Découpe de câbles ;
- Remplissage de camions ou de containers avec une seule contrainte sur le poids ou le volume des articles.

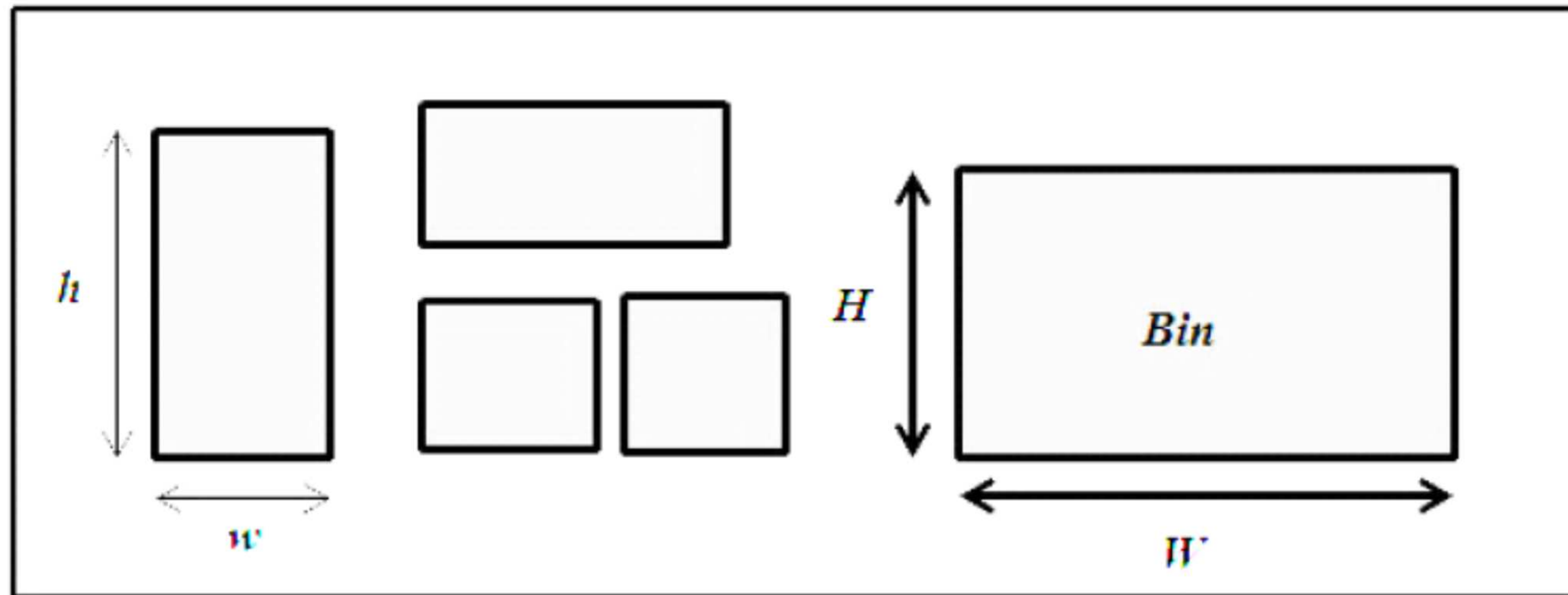
Bin Packing en deux dimensions 2D (2BP)

Le problème de bin packing en deux dimensions est une généralisation du problème de bin packing classique en une dimension. Il peut être décomposé en deux problèmes unidimensionnels. Il s'agit de minimiser le nombre de grands rectangles (ou grandes boîtes, ou bins) identiques pour ranger une liste d'articles rectangulaires. Les dimensions du bin sont notées W et H et les articles ont une orientation fixe. Chaque article i a une largeur $w_i \leq W$ et une hauteur $h_i \leq H$.

Domaines d'application

- Découpe de matière première ;
- Placement de boîtes sur une palette (sans superposition de boîtes) ;
- Placement dans un entrepôt (sans superposition de boîtes)

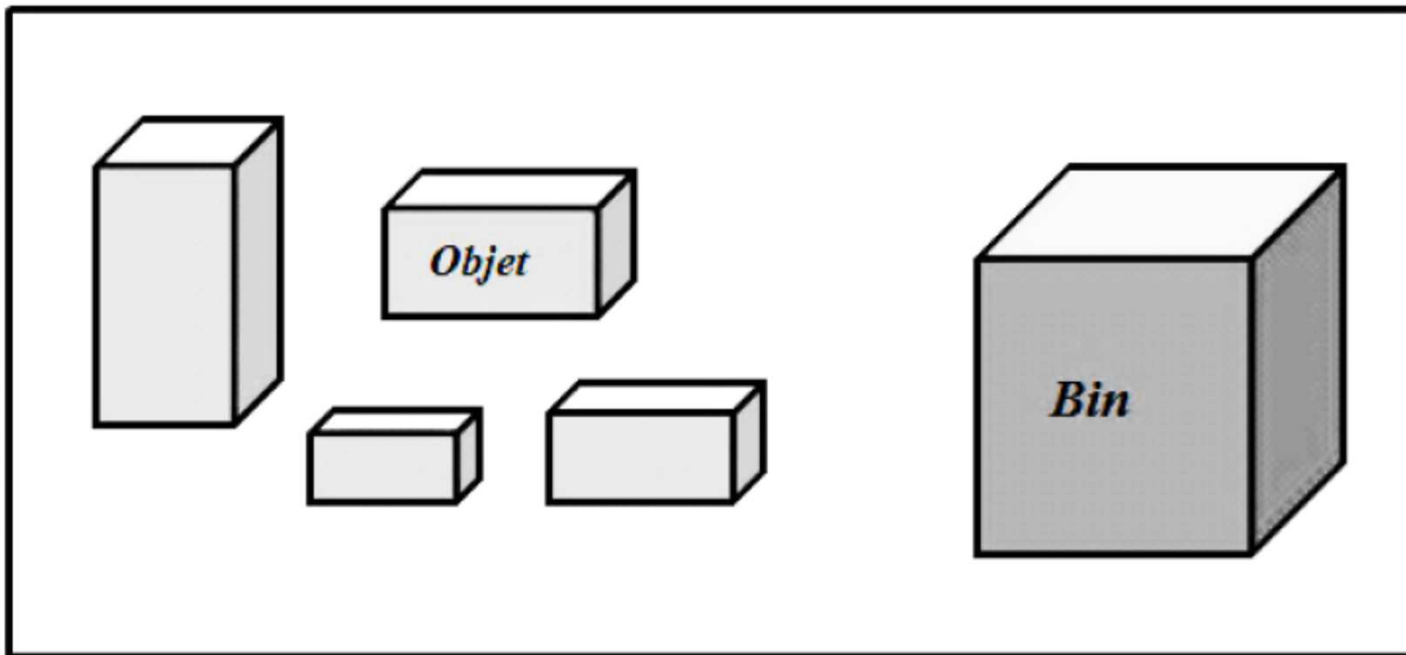
Description d'un problème de bin-packing en 2 dimensions (2D)



➤ **Bin-Packing en trois dimensions 3D (3BP)**

Le bin-packing tridimensionnel est une généralisation du problème bidimensionnel avec un nombre donné d'objets 3D ainsi que des bins tridimensionnels.

L'objectif est de déterminer le nombre minimum de bins pouvant contenir l'ensemble de ces objets identiques en forme (3D). Sachant que les dimensions des bins sont notées W , H et L et chaque article i a 3 dimensions tel que $w_i \leq W$, $h_i \leq H$ et $l_i \leq L$.



Dans un problème de bin-packing en 3 dimensions on tient en compte les contraintes pratiques suivantes :

- Contrainte d'équilibre.
- Rotation des objets.
- Façon dont arrivent les objets.
- Contraintes de voisinage.

Domaines d'application

- Rangement d'objets physiques dans des boîtes, une palette, un entrepôt, des camions, etc. (avec superposition de boîtes, de palette),.....etc.).

DIMENSIONNEMENT DE L'ENTREPOT

Les facteurs de dimensionnement d'un entrepôt

Cette question s'analyse en fonction de deux principales données : les coûts mensuels d'exploitation et le taux de rotation des références.

Les coûts mensuels d'exploitation.

Les études ont montré qu'on peut différencier dans un cadre opérationnel les coûts d'exploitation en fonction des deux types de matériels les plus fréquemment utilisés, le chariot 'retrak' et le 'tri directionnel'.

LE DIMENSIONNEMENT DE L'ENTREPÔT

L'implantation des surfaces de l'entrepôt s'analyse dans le cadre des points suivants :

- La forme générale du bâtiment.
- Le dimensionnement des palettes.
- Le calcul des emplacements.
- La question de la trame des zones de stockage.

La forme générale du bâtiment

Un entrepôt peut avoir trois types classiques d'organisation, qui sont dépendant du circuit emprunté par les flux d'entrée, de sortie et de stockage, nous avons :

- Les entrepôts en 'I' où les flux traversent le bâtiment,
- Les entrepôts en 'U', où les flux sont gérés par le même côté du bâtiment
- Les entrepôts en 'L', où les flux traversent le bâtiment en faisant un coude dans le circuit.

L'idéal est le flux en 'T' dans la mesure où il 'coule' au sein de l'infrastructure sans contre-flux. Les autres cas sont souvent travaillés en fonction d'équipement existant, réhabilités. L'idéal est donc un cube, où les flux circulent de manière perpendiculaire par rapport à deux cotés opposés. Il devra de plus être prévu en cas d'augmentation de l'activité le sens des extensions possibles afin qu'elles ne viennent pas rompre cette harmonie.

Dimensionnement des alvéoles de stockage.

L'entrepôt optimum se calcule en fonction du nombre de place picking et des temps de translation entre les positions de réserves et de préparations, en rapport avec les coûts de construction. L'un des optimum classiques est de disposer d'un ratio de 15 à 30 % de l'organisation de type A et du reste dans les autres possibilités sachant que toutes les palettes ont des tailles différentes et que nous nous sommes basés sur la taille maximum donnée par le transport. La hauteur de 10 m maximise en plus les points suivants :

- Limite de lecture d'une étiquette sur une palette, à partir du sol.
- Bon compromis entre hauteur et préparation,
- Limite de dépose de palette pour un chariot 'rétrack', (9m)
- Limite minimum de validité des transtockeurs,
- Limites d'emplois des tridirectionnels (8 à 16m)

Cette hauteur procure un bon compromis de l'utilisation des moyens, de plus cela tend à devenir une sorte de standard d'organisation. Cette hauteur correspond évidemment aux espaces de stockage, il va de soit que les espaces autres, réception, expédition, travail à façon, locaux techniques, et zone des moyens en énergie, non pas besoin de cette hauteur et qu'il importe de bien penser ce point, ne serait-ce que sur les questions de consommation de fluide liée au chauffage ou à l'éclairage.

La trame du bâtiment.

La question de la trame du bâtiment se pose comme résultante de deux questions majeures, disposer de locaux dont les surfaces ne sont pas découpées de linéaires de poteaux ou disposer de surfaces qui puissent être travaillées dans les deux sens d'implantation des allées de stockage.

L'idéal serait des surfaces sans poteaux

Malheureusement les contraintes techniques de constructions font qu'il faut définir un type de bâtiment qui se trouve souvent hors des normes proscrites par la réglementation en vigueur et qui dès lors qu'il serait constructible oblige des augmentations de coûts sensibles. En pratique on s'aperçoit qu'il importe de limiter le nombre des poteaux mais qu'il faut en définir assez, pour abaisser l'investissement et que cela revient à diminuer la hauteur de l'équipement pour atteindre cet objectif.

Le choix des matériels de manutention

Le choix du matériel est essentiel en ce qu'il va déterminer la largeur des allées. On retiendra que l'organisation de la préparation est tout aussi importante que la circulation des personnels dans l'entrepôt puisque ces deux éléments pourront s'ajouter aux obligations réglementaires en ce qui concerne les largeurs d'allées. Dans le cas que nous présentons, nous avons retenu les chariots de type, rétract, tridi, et à nacelle embarquée afin de calculer les dimensions sur les allées les moins larges possibles.

Références Bibliographiques

[1] BOUNADI Nassima, Evaluation de NUMILOG avec l'audit logistique et son rôle dans l'amélioration de sa stratégie de palettisation , Mémoire Master en Ingénierie des Transports et Logistique, Université Frères Mentouri Constantine -1, 2018.

[2] Michel Roux, Entrepôts et Magasins, Tout ce qu'il faut savoir pour concevoir, © Groupe Eyrolles, 2008.

[3] <https://www.treedim.com/stackbuilder/fr/>

[4] Guide d'utilisation du logiciel StackBuilder.