

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
AND SCIENTIFIC RESEARCH

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



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
-تمسان-

## Mémoire de fin d'étude

### Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Management Industriel et Logistique

Présenté par :

**Sara Fatima Zohra MEGAIZ & Meriem Hanene NOUÇAIR**

### Thème

Conception, installation et calcul des performances d'une  
chaîne de production de produits d'emballage de l'entreprise  
**CONCEPTSAC**

**Soutenu le 07 Juillet 2020 devant le jury composé de**

M. Fouad MALIKI	MCB	Président	ESSA Tlemcen
M. Zaki SARI	Professeur	Directeur de Mémoire	ESSA Tlemcen
Mm Amina OUHOUD	MCB	Co-Encadrant	ESSA Tlemcen
M. Mohammed BENNEKROUF	MCB	Examineur	ESSA Tlemcen
M. Adel HAMZAOU	Docteur	Examineur	ESSA Tlemcen

Année universitaire : 2019/2020



## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs Années d'études à :

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, ma source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, Mon cher Papa **Otman MEGAIZ**, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, Ma chère Maman **Zahira MEGAIZ**, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

À mes chers frères **Islam** et **Zaki** et ma chère petite sœur **Nesrine**, à qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite.

À mes chers grand parents **Hbib** et **Papy** que j'aime énormément et qui m'ont été d'un grand soutien, que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

À ma grand-mère **Meriem BELKBIR** qui m'adorait et qui souhaitait toujours ma réussite, paix a son âme, que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures. A toute ma famille, et mes amis, j'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

**Sara Fatima Zohra MEGAIZ**





## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail

Particulièrement à mes très chers parents **Djamila RAIS** et **Nourine NOUÇAIR** qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne pour leur soutien, patience et tendresse et pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

À mes grand parents **Brahim NOUÇAIR, HBIBA** et **MAMI**, qui grâce à leur prières c'est établie ce travail.

À mes regrettées grand-mères **Khadoudja CHERAK** et **Mimouna MELIANI**. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour eux. Que dieu ait leurs âme dans sa sainte miséricorde.

À mes chères sœurs « **Khadoudja, Farah, Malek** et **Douaa** » qui m'avaient toujours soutenu durant toutes mes années d'études, sans oublier ma chère **Chahrazed** considérée comme notre sœur.

À mes chères oncles et tantes paternels : Marouane ,Radia et leurs enfants Mohamed Ali et Aida, Lahcen ,Nebia et « khalti » Farah ainsi que Khadijdja ,Naima, Karima et un grand remerciement à ma chère tante **Chafia** pour sa prière et son soutien.

À mes chères oncles et tantes maternels : Mohamed et Soumia, Said et Soulef ,Houari ,Tahar ,Abd El Baki et Soumia , Zohra, Nina , Badra.

A tonton Laid et tonton Bouabdellah .

A mes chères cousines : Soumia, Amina ,Bouchra, Niama ,Youssra, ,Romaissa , Riheb, Marwa ,Razane et Jana.

A mes chers cousins : Mustapha, Youness , Abdelkader , Mohamed , Adouma et Rayene .

À mes chères amis : Ilhem et Rania SALAH, Imen KHERBOUCH, Sara MEGAIZ, Ismahen SOUAG, Kawtar CHETTOUT, Rania KADDOUR, Zineb BEKHADA, Hassiba BELDJENAT, Lina BENKETAFA et GUETTARI.

À tonton **Djamel-Eddine BOUKERCHE** qui m'a beaucoup aidé durant mon cursus universitaire.

Sans oublier les amis à mon père considérés comme mes oncles : Houari SEBBANI, Salim NADJI, Houcine MESSBAH, Abderrahmane DERNI, Habib MAHI et Omar KHALI.

**Hanene Meriem NOUÇAIR**



## *Remerciement*

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir accordé force, santé et la volonté pour réaliser ce travail.

L'aboutissement de ce travail n'aurait pas vu le jour sans la collaboration et l'aide de plusieurs personnes qui d'une façon directe ou indirecte ont contribué à sa concrétisation. Qu'elles trouvent à travers ces quelques lignes l'expression de nos chaleureux remerciements.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de **M. Zaki SARI**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur, sa disponibilité, ses conseils et ses commentaires précieux qui nous ont permis, de surmonter les difficultés et de progresser dans ce travail.

Nous remercions chaleureusement notre co-encadrante **Mme Amina OUHOUD** pour son soutien et son encouragement prodigué tout au long de l'année universitaire.

Un merci particulier à notre Responsable de Filière **M. Fouad MALIKI** pour ses efforts, son soutien et son encouragement tout au long de notre parcours. Ce sera un grand honneur pour nous de l'avoir comme président du jury.

Tout notre respect et nos remerciements vont vers les membres du jury **M.Mohammed BENNEKROUF** et **M. Adel HAMZAOUI**, qui vont pleinement consacrer leur temps et leur attention afin d'évaluer notre travail, qui espérons le sera à la hauteur de leur attente.

Au sein de l'entreprise **CONCEPTSAC**, nous souhaitons exprimer toute notre gratitude à **Mr. Hamza BEKHTI** le P.D.G de l'entreprise de nous avoir offert cette opportunité, nous tenons à remercier également **Mr Benameur CHERRAK** pour ses précieux conseils, les discussions intenses et les échanges fructueux que nous avons eu avec lui tout au long du travail.

Enfin, nos remerciements les plus sincères sont adressés au directeur **M. Rouissat BOUHRIT** à tous les professeurs, l'administration et le personnel de l'ESSAT qui ont contribué à forger nos connaissances et à assister notre formation, et à toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire.

## Résumé

Notre projet de fin d'étude s'est déroulé chez l'entreprise CONCEPTSAC Mascara, une entreprise de fabrications des sacs tissés pour emballage. Notre mission, était de faire l'étude de la conception de l'atelier de production. Dans la première partie, nous avons décrit les concepts de base et les différents processus concernant le domaine abordé dans notre projet, qui est l'étude de la conception d'une chaîne de production de produits d'emballage, afin de pouvoir présenter ce domaine aussi vaste que transverse.

Dans la seconde partie, nous avons présenté le travail qui était effectué pour l'entreprise CONCEPTSAC, de l'étude de l'existant « données et contraintes », l'analyse des besoins « objectifs de productions et capacités de stockage », l'étude de la conception « flux, distances, fonction objectif » et enfin, le déploiement de la solution optimale.

En dernier lieu, nous avons fait une étude approfondie sur les équipements de manutention qui peuvent être utilisés dans le l'atelier de production de l'entreprise.

**MOTS-CLES :** Conception de systèmes industriels, production d'emballage, évaluation des performances.

## Abstract

Our graduation project took place at CONCEPTSAC Mascara, a company manufacturing woven bags for packaging. Our mission was to study the design of the production workshop. In the first part, we have described the basic concepts and the various processes concerning the field approached in our project which is the study of the design of a production line of packaging products, in order to be able to present this field also vast than transverse.

In the second part, we presented the work that has been done for the company CONCEPTSAC, the study of the existing "data and constraints", the analysis of needs "production objectives and storage capacities", study of the design "flow, distances, objective function" and finally the deployment of the optimal solution.

Finally, we did an in-depth study on the handling equipment that can be used in the company's production unit.

**KEYWORDS:** Facility layout design, packaging industry, performance assessment.

## ملخص

ان مشروع نهاية التخرج تركز على دراسة تركيب خط انتاج في مصنع لانتاج اكياس بلاستيكية منسوجة تستعمل للتعبئة و التغليف.

الجزء الأول من المذكرة مكرس لعرض المفاهيم الأساسية اللازمة لوصف موضوع الدراسة وإدخال المفاهيم والتعاريف من السياق الصناعي والعلمي. ينقسم هذا الجزء إلى ثلاثة أقسام؛ يتناول الأول تعاريف و طرق تصميم أنظمة الإنتاج، في القسم الثاني قدمنا وصفا عاما لأنواع التعبئة والتغليف المختلفة، ثم حددنا عملية تصنيع الأكياس المنسوجة. اما في الجزء الثاني فتطرقنا الى الجانب العملي حيث قمنا بدراسة تركيب الآلات، قسمنا هذا الجزء إلى أربعة أقسام، القسم الأول يتضمن تعريف طرق تصميم و تخطيط المنشأة مع تحديد الطرق المختلفة التي استخدمناها في دراستنا. في القسم الثاني رأينا مفهوم الإنتاج في الشركة، والقيود المختلفة التي يجب احترامها بالإضافة إلى المعلومات الموجودة على آلات إنتاج الأكياس المنسوجة، قسمنا هذا القسم إلى سلسلتين في الأول قمنا بحساب الساعات الإنتاجية وفي الثانية قمنا بحساب الساعات التخزينية. اما في القسم الثالث قمنا بتطبيق طريقة لدراسة تخطيط الآلات قمنا باقتراح أربعة تكوينات لها وقمنا بحساب التدفقات والمسافات حتى نتمكن من المقارنة بين البدائل الأربعة واختيار التخطيط الأمثل..

و في الأخير، قمنا بدراسة لاختيار أفضل معدات النقل التي يمكن استخدامها في الشركة لنقل المنتجات بين الأقسام. ختمنا أطروحتنا باستنتاج حول أهمية تخطيط المنشأة المنظم في ضمان التشغيل السلس الخالي عمليًا من العوائق والإزعاج وفائدته في الصناعة.

**الكلمات المفتاحية :** تصميم و تخطيط المنشآت الصناعية، أنظمة التعبئة و التغليف، تقييم الاداء.

# Table des Matières

---

<b>RESUME.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS .....</b>	<b>12</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>15</b>
1 - CONTEXTE GENERAL .....	15
2 - PROBLEMATIQUE .....	16
3 - OBJECTIFS INITIAUX .....	16
4 - ORGANISATION DU MEMOIRE.....	16
Partie I: Contexte Industriel et Scientifique.....	17
Partie II: Etude de Cas .....	17
<b>PARTIE I : CONTEXTE INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE.....</b>	<b>20</b>
<b>SECTION 1 : INTRODUCTION AUX SYSTEMES DE PRODUCTION .....</b>	<b>21</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>22</b>
1 - Définition d'un système de production .....	22
2 - Les paradigmes des systèmes de production.....	23
3 - Les typologies des systèmes de production.....	24
4 - Classification des systèmes selon la quantité produite.....	26
5 - La conception des systèmes de Productions .....	27
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>28</b>
<b>SECTION 2 : GENERALITES SUR LES EMBALLAGES.....</b>	<b>29</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>30</b>
1 - Définition de l'emballage.....	30
2 - Catégories d'emballages.....	30
3 - Les fonctions d'emballage.....	31
4 - Les Types d'emballages .....	32
5 - Les formes commerciales des matières plastiques .....	35
6 - Quelques Applications du plastique .....	35
7 - Les sacs en polypropylène.....	35
8 - Les Structures des sacs en plastique.....	36

9 - Les sacs tissés .....	37
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>38</b>
<b>SECTION 3 : PROCEDE DE FABRICATION DES SACS TISSES.....</b>	<b>39</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>40</b>
1 - Procédé de Fabrication des Sacs Tissés .....	41
2 - Equipements nécessaires et caractéristiques .....	44
<b>PARTIE II: CADRE PRATIQUE.....</b>	<b>49</b>
<b>SECTION 1: FACILITIES LAYOUT DESIGN.....</b>	<b>50</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>51</b>
1 - Facilites Layout Design.....	52
2 - Définitions.....	52
3 - Principes du Facilities layout design .....	52
4 - Objectifs du facilites layout design .....	53
5 - Facteurs affectant la conception des usines.....	53
6 - L'importance du Facilites Layout design .....	54
7 - Les types d'aménagement d'usine .....	55
8 - L'approche SLP.....	59
9 - Procédure de la méthode SLP .....	59
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>60</b>
<b>SECTION 2: LE SYSTEME DE PRODUCTION DE CONCEPT SAC.....</b>	<b>61</b>
1 - Introduction .....	62
2 - Présentation de l'organisme d'accueil.....	62
3 - Les machines utilisées dans La productions des sacs tissés .....	63
4 - Les séquences d'opération principales.....	63
5 - Dimensions et Surface de chaque département (Machine) .....	64
<b>SEQUENCE 1 : CALCUL DES CAPACITES DE PRODUCTION .....</b>	<b>64</b>
1 - Calculs des objectifs de production.....	65
2 - Calculs des Capacités de Productions .....	67
<b>SEQUENCE 2 : CALCUL DES CAPACITES DE STOCKAGE .....</b>	<b>74</b>
1 - Stockage de la Matière Première.....	75
2 - Stockage des Produits semi Finis .....	76
3 - Stockage des produits finis.....	78
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>78</b>

<b>SECTION 3: ETUDE DE LA DISPOSITION .....</b>	<b>79</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>80</b>
1 - Layout actuel.....	80
2 - Contraintes .....	81
3 - Méthodologie de travail.....	81
4 - Les relations entre les machines.....	82
5 - Relationship diagramme.....	82
6 - Les alternatives proposées.....	83
7 - Evaluation des alternatives.....	87
8 - Résultats .....	96
9 - Conception avec le logiciel AutoCad.....	97
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>98</b>
<b>SECTION 4: ETUDE DES EQUIPEMENTS DE MANUTENTION .....</b>	<b>99</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>100</b>
1 - Définition de la manutention.....	100
2 - La manutention de la matière première.....	100
3 - La manutention des bobines de fil .....	103
4 - La manutention des rouleaux.....	107
5 - La manutention des produits finis.....	111
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>112</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>114</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>115</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>116</b>



## Liste des Figures

---

### Partie I

Figure 1 : Représentation de l'organisation du mémoire .....	19
Figure 2 : Job Shop.....	24
Figure 3 : Flow Shop .....	25
Figure 4 : Cellules flexibles .....	25
Figure 5 : Project Shop.....	26
Figure 6 : Processus de production des sacs tissés.....	43
Figure 7 : Extrudeuse (Hengly Machinery).....	44
Figure 8 : Unité de filature – Remplissage de fil .....	44
Figure 9 : Loom Circulaire ( Hengly Machinery).....	45
Figure 10 : Machine de Lamination .....	45
Figure 11 : Machine d'impression Flexographie .....	47
Figure 12 : Machine de Couture.....	48
Figure 13 : Machine d'emballage.....	48

### Partie II

Figure 14: Disposition orientée Processus .....	55
Figure 15 : Disposition orientée Produit .....	56
Figure 16 : Disposition combinée .....	57
Figure 17 : Disposition fixe.....	58
Figure 18 : Les différentes gammes de Sacs Tissés .....	65
Figure 19 : Bobine de fil .....	67
Figure 20 : Remplissage de bobines.....	67
Figure 21 : Unité de tissage.....	69
Figure 22 : Rouleaux tissés .....	69
Figure 23 : Rouleau tissé laminé .....	70
Figure 24 : Unité de lamination.....	70
Figure 25 : Impression par rouleau.....	72
Figure 26 : Sac cousu .....	73
Figure 27 : Opération de découpe / couture .....	73
Figure 28 : Matière Première PP .....	75
Figure 29 : Matière première CaCO <sub>3</sub> .....	75
Figure 30 : Illustration de stockage de bobines de fil en étagères.....	76
Figure 31 : Plan de l'atelier de Production.....	80
Figure 32 : Plan de la Mezzanine .....	81
Figure 33 : Relationship chart .....	82
Figure 34 : Relationship Diagramme .....	82
Figure 35 : Space relationship diagram.....	83
Figure 36 : Première alternative .....	83
Figure 37 : Deuxième Configuration .....	85
Figure 38 : Troisième Proposition.....	85

Figure 39: Quatrième Proposition .....	86
Figure 40 : Disposition des loom sur la Mezzanine .....	87
Figure 41 : Le flux de matière pour les trois premières dispositions proposées .....	88
Figure 42 : le Flux entre les différents départements .....	89
Figure 43 : Le flux de matière pour la 4 <sup>ème</sup> disposition proposée .....	91
Figure 44 : Modélisation de la configuration optimale sous Autocad-Sol- .....	97
Figure 45: Modélisation de la configuration optimale sous Autocad – Mezzanine-.....	97
Figure 46 : Transpalette Manuel .....	101
Figure 47 : Palette .....	101
Figure 48 : Chariot à étagères grillagé .....	104
Figure 49 : Manutention d'un chariot à étagères.....	104
Figure 50 : Chariot Caisse grillagé.....	105
Figure 51 : Monte-Charge .....	106
Figure 52 : chariot élévateur.....	108

## Liste des Tableaux

---

Tableau 1 : Dimensions et Surfaces des machines de l'entreprise.....	64
Tableau 2 : Les Objectifs de Production de l'entreprise .....	67
Tableau 3 : Capacités et nombres des machines de l'entreprise .....	74
Tableau 4 : Les codes utilisés pour l'ARC.....	82
Tableau 5 : Calcul de Fonction objectif de la 1 <sup>ère</sup> alternative .....	95
Tableau 6 : Calcul de Fonction objectif de la 2 <sup>ème</sup> alternative .....	95
Tableau 7 : Calcul de Fonction objectif de la 3 <sup>ème</sup> alternative .....	96
Tableau 8 : Calcul de Fonction objectif de la 4 <sup>ème</sup> alternative .....	96

# Liste des Abréviations

---

- ARC** : Activity Relationship Chart
- AT** : Available Time
- BOPP** : Biaxially Oriented Polypropylène
- DML** : Dedicated manufacturing lines
- ECCS** : Electrolytic Chromium Coated Steel
- FMS** : Flexible manufacturing systems
- HDPE**: High-density polyéthylène
- LDPE** : Low-density -Polyéthylène
- MP** : Matière Première
- PE** : Polyéthylène
- PEBD**: Polyéthylène à Basse Densité
- PET** : Polyesters et Polyéthylène Téréphtalate
- PP** : Polypropylène
- PVC**: Polychlorure de Vinyle
- RMS** : Reconfigurable manufacturing systems
- SLP**: Systematic Layout Plannig
- Tc**: Cycle Time
- Tf** : Facteur de Trafic
- TFS** : Tin Free Steel
- TL** : Loading Time
- TU** : Unloading Time

# Glossaire

---

**Bobine de Fil** : Feuille PP extrudée, fendue et étirée dans des fours de recuit pour faire partie du tissu tissé du sac.

**Chaîne** : Fil orienté perpendiculairement au fil de trame pendant le tissage. Cela va de haut en bas dans le tissu du corps.

**Capacité de production** : La capacité correspond à la production maximale d'une machine ou d'une unité de production.

**Denier** : Le poids du fil en grammes par 9000 mètres.

**Densité sac** : La mesure de la densité du tissage du tissu, mesurée comme le nombre de fils dans les deux sens de chaîne et de trame. Comme un maillage  $32 \times 10$ .

**Encours**: Produit soumis aux différentes étapes de la fabrication, comprises entre la matière première et le produit fini.

**Facility layout design** : Il est également connu sous le nom de Planification et aménagement des installations. C'est l'étude d'implantation d'usine afin de rendre le système de production efficient et efficace.

**Flux** : C'est ce mouvement des matières/composants/sous-ensembles/encours/produits finis le long de la chaîne de production.

**Polypropylène** : Un type de polymère utilisé dans la production de fils et de fils mono filaments et multi filaments.

**Pic** : Nombre de tours par minutes dans la machine de tissage, il sert à déterminer la vitesse du tissage en fonction de la densité programmée.

**Lamination** : stratification avec du polypropylène (PP) pour empêcher l'intrusion d'humidité ou le tamassage du contenu.

**Layout** : Layout est un terme anglais. Le concept peut être traduit en français comme « disposition » ou « plan » et a une utilisation très répandue dans le domaine du facility design.

**Loom Circulaire** : Aussi appelé métier Circulaire, c'est une machine à tisser dans laquelle deux ensembles distincts de fils sont entrelacés à angle droit pour former un tissu.

**Rouleaux** : Aussi appelé tubulaire, c'est un tissu tissé sur un métier à tisser circulaire enroulé.

**Tissé** : Combiné avec de nombreux fils en polypropylène dans deux directions (chaîne et trame) pour former le tissu.

**Trame** : Fil orienté perpendiculairement au fil de chaîne pendant le tissage.

# *Introduction Générale*

# Introduction Générale

---

## 1 - Contexte général

L'industrie est aujourd'hui, comme elle a toujours été, une pierre angulaire de l'économie pour chaque pays développé. À l'aube du 21ème siècle, les entreprises industrielles font face à un marché de plus en plus changeant et une demande de client davantage variable. L'environnement de production dans le monde entier, fait face à de nombreux défis et changements à cause de l'évolution rapide des marchés qui devient de plus en plus fréquente et imprévisible. Dans un tel environnement, la réduction des coûts, le respect des délais et le maintien de la qualité sont impératifs pour l'entreprise.

Par conséquent, pour qu'une entreprise soit compétitive et rentable, elle doit savoir rester stable dans un contexte international changeant et elle doit gagner en réactivité et flexibilité afin d'être en mesure de s'adapter plus rapidement à de nouveaux types de produits et à de nouveaux marchés.

Pour répondre à ce besoin, les industries manufacturières doivent se concentrer sur l'amélioration de la productivité et devraient investir dans une usine qui est capable de s'adapter aux modifications de l'environnement et de réagir efficacement aux différents changements avec une bonne productivité et à faible coût. L'organisation doit être en mesure de contrôler et de pérenniser la conception de son usine pour mener à bien son activité avec le maximum d'efficacité. Et ce, grâce à une bonne étude de conception appelée « **Facilities Layout design** ». Le concept du facility layout design vise à concilier les objectifs stratégiques de l'entreprise tout en assurant une rentabilité des moyens de production. En effet, le facility layout design est une technique de localisation de machines, processus et autres services de manière systématique et ordonnée au sein de l'usine, afin d'atteindre la bonne quantité et qualité de production au coût le plus bas possible.

L'étude de la conception d'usine, implique un arrangement physique systématique des différents départements, postes de travail, machines, équipements, zones de stockage et espaces communs dans une industrie manufacturière, en fournissant une relation optimale entre ces derniers pour faciliter le processus de production, optimiser les flux, minimiser la manutention des matériaux, le temps et les coûts, et permettre la flexibilité des opérations.

Il faut aussi savoir que le Facility layout design, affecte le flux de matière, l'efficacité du travail, la supervision et le contrôle, l'utilisation de l'espace et la possibilité d'expansion, afin d'assurer une utilisation efficace et efficiente des opérateurs, de l'équipement et de l'espace.

L'objectif principal de l'entreprise **CONCEPTSAC** dans laquelle nous avons effectué notre stage pratique, est de concevoir une ligne de production à moindre coût, tout en respectant les contraintes techniques et technologiques, sachant que la ligne de production utilisée dans la production des sacs tissés en Polypropylène nécessite de lourds investissements en raison des coûts élevés des équipements, cependant elle sera rentabilisée à long terme. Les solutions retenues suite à la conception de cette ligne, influent directement sur les coûts de production, ce qui explique l'intérêt de faire une bonne étude dès l'étape primaire de sa conception.

## **2 - Problématique**

Les travaux exposés dans ce mémoire se sont appuyés sur le besoin de l'entreprise **CONCEPTSAC** de développer une unité de production pour produire des sacs tissés pour emballage.

Notre périmètre d'étude est concentré sur la conception du système de production afin de garantir une productivité maximale, tout en respectant de nombreuses contraintes. Ces contraintes sont liées à la fois aux types de produits, aux types d'équipements de fabrication ainsi qu'à l'environnement. En effet, lors de cette étude, toutes les alternatives proposées doivent être bien traitées, tout en tenant compte du dimensionnement, l'allocation des stocks intermédiaires et des zones de stockage, l'équilibrage de la charge des différents postes de travail, le choix des moyens de manutention et de la disposition des équipements qui consiste à déterminer les postes de travail qui doivent être adjacents les uns aux autres et la manière dont ils doivent être connectés afin de garantir des résultats satisfaisants et durables.

## **3 - Objectifs initiaux**

Afin de répondre à la problématique soulevée, notre projet de fin d'étude a pour objectifs de :

- Etudier les composants du système de production.
- Analyser le système de production.
- Faire une bonne étude de conception d'atelier en faisant recours au Facilities Layout Design.

## **4 - Organisation du mémoire**

Notre mémoire est partitionné en deux grandes parties, Chaque partie est constituée de plusieurs sections articulées selon le schéma défini dans la (figure 01):



## Partie I: Contexte Industriel et Scientifique

Dans cette première partie, nous entamerons les concepts de base et les différents processus de production concernant le domaine abordé dans notre projet, afin de pouvoir présenter ce domaine aussi vaste que transverse. Cette partie est composée de trois sections :

- **Section 1** s'intitulant « Généralités sur les systèmes de production », Dans cette section nous nous questionnerons sur la définition d'un système de production Nous nous intéresserons, ensuite aux différents paradigmes et types des systèmes de production. Par ailleurs, nous définirons dans un sens plus spécifique la conception des systèmes de production d'une manière brève.
- **Section 2** « Généralités sur les Emballages » : nous présenterons le domaine d'application de notre travail : les emballages et notamment l'emballage en plastique tissé qui sera présenté minutieusement.
- **Section 3** « Procédé de fabrication des sacs tissés » : Nous décrirons, de manière détaillée, le procédé de fabrication des sacs tissés, nous nous étalerons par la suite sur les équipements et les machines spécifiques à ce procédé. Enfin un **process flowchart** sera exposé pour bien clarifier ce qui a été décrit précédemment.

## Partie II: Etude de Cas

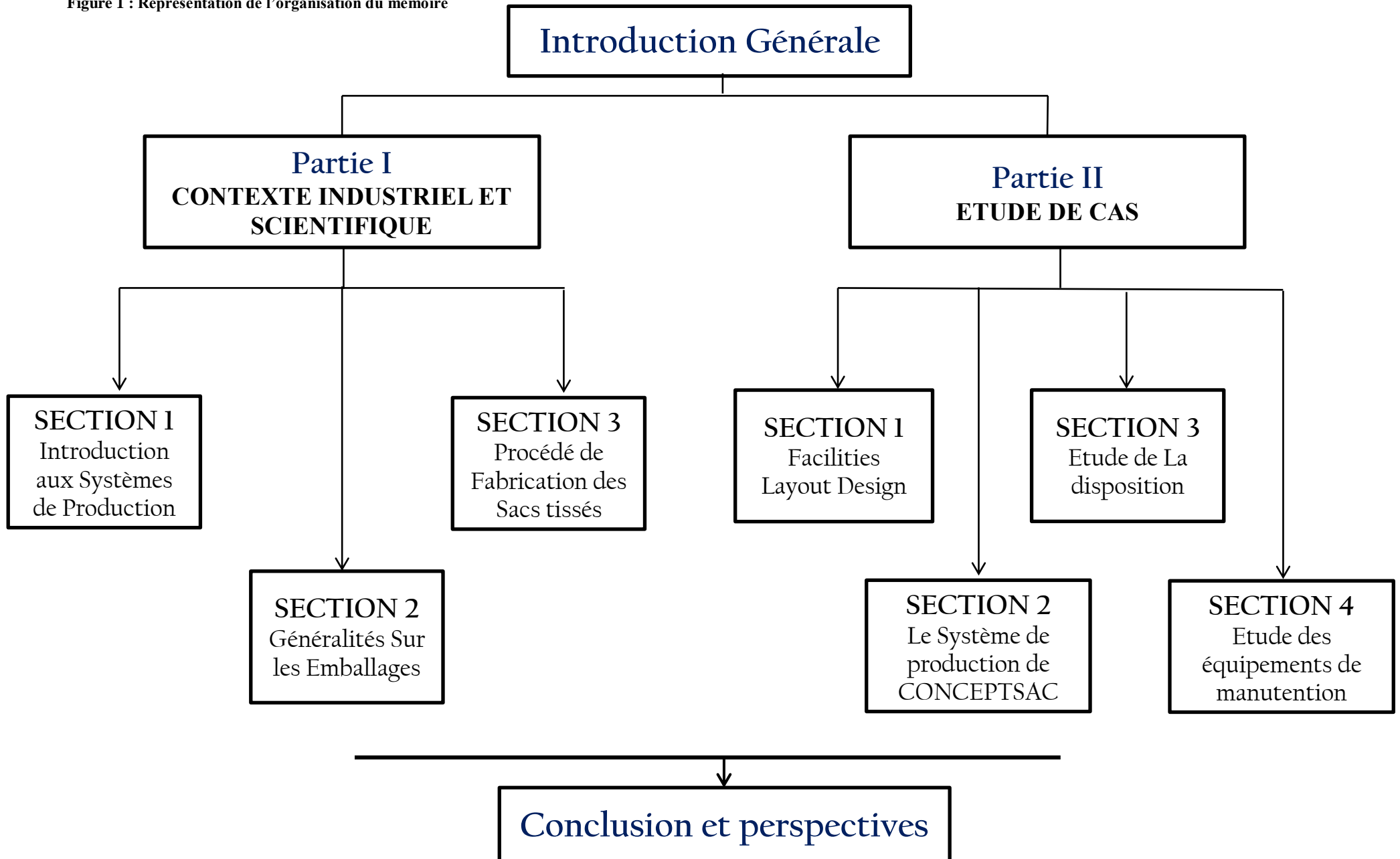
Dans cette seconde partie, nous allons présenter tout le travail qui a été effectué pour l'entreprise CONCEPTSAC, de l'étude de l'existant, l'analyse des besoins, l'étude de la conception, et enfin le déploiement de la solution, cette partie regroupe 4 sections :

- **Section 1** : « Facility Layout Design » : cette section se focalise sur la définition et la spécification du facility layout design. nous définirons quelques concepts utilisés dans cette discipline, nous présenterons la démarche suivie pour réaliser la conception et assurer de bons résultats.
- **Section 2** : « Système de production de **CONCEPTSAC** », pour commencer, nous présenterons notre organisme d'accueil, avec l'étude de l'ensemble de son existant fonctionnel, applicatif et matériel. Ensuite nous passerons à l'étude analytique qui sera divisée en deux séquences :
  - ⇒ **Séquence 1 : Calcul des capacités de production**
  - ⇒ **Séquence 2 : Calcul des capacités de stockage**

- **Section 3 :** « Etude de la disposition » : dans cette section, nous allons dans un premier lieu, proposer des alternatives en se basant sur ce qui est été vu précédemment, par la suite nous ferons une évaluation détaillée pour aboutir à une conception optimale.
- **Section 4 :** « Etude des équipements de manutention » cette section est consacrée à l'étude et à l'analyse des équipements de manutention, nous définirons d'abord la manutention en indiquant son importance dans l'entreprise. Nous présenterons Ensuite les équipements susceptibles d'être utilisés tout en analysant certains aspects comme le temps de cycle de livraison ainsi que le temps disponible de l'équipement, cette analyse permettra de choisir le bon équipement et de valider son utilisation

Le mémoire sera clôturé par une conclusion générale ainsi qu'une bibliographie qui regroupe l'ensemble des documents consultés au cours du travail réalisé.

Figure 1 : Représentation de l'organisation du mémoire



**PARTIE I : CONTEXTE INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE**

# **SECTION 1 : INTRODUCTION AUX SYSTEMES DE PRODUCTION**

---

Section  
**1**

## **Introduction aux Systèmes de Production**

## Introduction

Face à la mondialisation économique et aux révolutions technologiques dans le contexte concurrentiel, les entreprises industrielles sont confrontées à un marché en constante évolution et à une demande variable des clients. La fonction de production devient de plus en plus stratégique, dans la mesure où elle oblige à la maîtrise d'un environnement instable d'où la nécessité d'évoluer en permanence le système de production. Lorsqu'une entreprise se positionne sur un nouveau marché, elle doit bien maîtriser son système de production. Ce dernier doit, non seulement avoir la capacité de se transformer rapidement pour s'adapter aux nouvelles technologies ou aux nouvelles demandes, mais il doit également adapter son équipement et même son emplacement aux différents changements. L'impact de ces inducteurs de changement peut s'étendre à l'intérieur ou à l'extérieur d'une entreprise. L'impact interne dont l'effet peut remettre en cause l'organisation, peut concerner la performance de l'entreprise en terme de rentabilité par exemple. Quant au périmètre externe du changement, il peut concerner la valeur ajoutée pour les clients.

Dans ce chapitre, nous allons voir La nécessité de formaliser la phase de conception du système de production, nous allons par la suite nous intéresser aux systèmes de production en général et à leurs différents paradigmes. L'objectif est de comprendre les différentes typologies existantes ainsi que les caractéristiques dont il faut tenir compte dans la conception de tels systèmes. Comme le soulignent **Pahl et Al**, [1] un processus de conception est fondamentalement un processus de recherche de solutions. Plusieurs aspects doivent être adressés qui sont relatifs à la spécification des besoins, à la recherche de solutions, à l'évaluation des solutions disponibles et à la sélection de la meilleure solution. Il est important de comprendre ces différentes étapes qui jalonnent le processus de conception afin de concevoir un système de production efficace.

### 1 - Définition d'un système de production

Un système de production est un ensemble de ressources dont la synergie est organisée pour transformer la matière première (ou composants) dans le but de créer un produit ou un service. Dans cet ensemble, on distingue essentiellement quatre types de ressources: des équipements (machines, outils, moyens de transport, moyens informatiques ...), des moyens humains qui permettent le bon déroulement du processus de transformation, des produits à différentes étapes de fabrication (matières premières, produits semi-finis, produits finis ...), des entrepôts de matières ou des aires de stockage [2].

En ce qui concerne les équipements de production, on distingue trois sous-types: les machines de production, permettant d'effectuer des opérations de transformation, les machines de manutention, permettant de transporter des pièces dans l'atelier (robots, chariots mobiles, tapis Roulant,...), et les machines de contrôle de qualité. Les deux dernières peuvent être considérées comme des machines de production spéciales ou fictives.

## 2 - Les paradigmes des systèmes de production

### 2 - 1 Les systèmes de productions dédiés « DML<sup>1</sup> »

Lignes de production dédiées, aussi appelées lignes de transfert. Chaque ligne est conçue pour produire une seule pièce à un taux de production élevé en utilisant tous les outils simultanément [2]. Les lignes de transfert sont économiquement fiables si elles sont utilisées le plus longtemps possible à capacité maximale. Du moment où les volumes de production sont élevés, les coûts par unité produite sont relativement minimisés.

### 2 - 2 Les systèmes de productions flexibles « FMS<sup>2</sup> »

Le concept de systèmes de production flexibles a été introduit en réponse au besoin de personnalisation de masse et pour fournir une grande réactivité dans les changements de produits. Un système de fabrication flexible ( FMS ) est un système de fabrication dans lequel il y a une certaine quantité de flexibilité qui permet au système de réagir en cas de modifications, qu'elles soient prévues ou imprévues [2].

### 2 - 3 Les systèmes de productions reconfigurable « RMS<sup>3</sup> »

Le système de production reconfigurable est installé initialement avec la capacité et les fonctionnalités justes nécessaires et peut ajuster dans le futur sa structure pour s'adapter aux évolutions des exigences du marché [2]. Ceci permet de minimiser le besoin en investissement initial. Les systèmes reconfigurables offrent les flexibilités nécessaires qu'ils exploitent de façon à proposer, et à maintenir une qualité de service adéquate face à la complexité du processus de fabrication. Les systèmes de production sont organisés et gérés en fonction des demandes et des ressources disponibles. On peut distinguer deux typologies des systèmes proposées par **Giard Vincent** qui vont être présentés dans le paragraphe suivant.

---

<sup>1</sup> Dedicated Manufacturing Lines

<sup>2</sup> Flexible Manufacturing Systems

<sup>3</sup> Reconfigurable Manufacturing Systems

### 3 - Les typologies des systèmes de production

La **première typologie** est basée sur le fait qu'un système de production peut produire soit pour réapprovisionner des stocks (production prévisionnelle) soit pour satisfaire une demande (Production à la demande) [3].

La **deuxième typologie** est liée au mode d'organisation de la production. On peut distinguer les cinq modes d'organisation :

#### 3 - 1 Organisation de la production en continu « Process shop »

Les produits sont fabriqués en grandes quantités sans interruption suivant la même séquence d'opérations de postes de travail. Les produits sont très standardisés et la production est peu flexible. Dans cette organisation, les flux de matières premières circulent sans interruption en passant par la transformation et le transport jusqu'au client final [4].

#### 3 - 2 Organisation en ateliers à cheminement multiples « job shop »

Cette organisation permet de fabriquer une grande variété de produits finis à tour de rôle en petites séries (production par lot) dans une chaîne production multiple, dont le processus de production est très complexe et le nombre des modifications apportées au projet initial est très important .Ces différents processus nécessitent un nettoyage et un équilibrage des postes de travail (les machines, outils par exemple) avant de passer de la fabrication d'un produit à un autre [4].

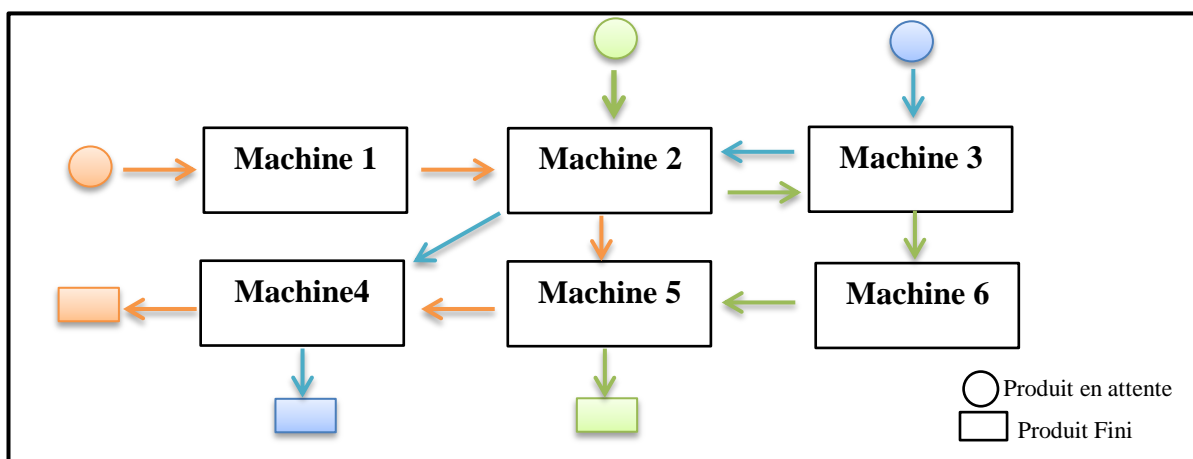


Figure 2 : Job Shop



### 3 - 3 Organisation en ateliers à cheminement unique « Flow shop »

La fabrication des lignes de flux est la plus appropriée pour fabriquer de grands volumes de produits en continu, elle est utilisée dans les industries de production de masse. Les machines sont rangées en chaînes suivant la séquence d'opérations réalisée sur les produits [4].

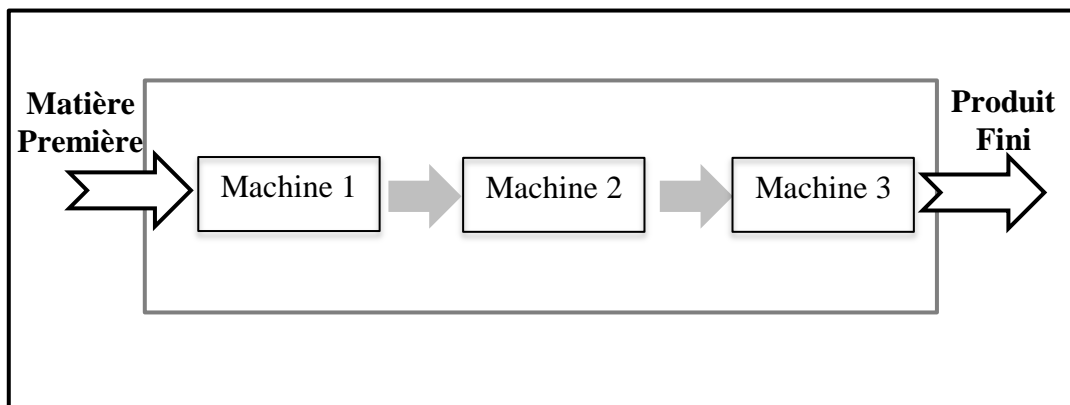


Figure 3 : Flow Shop

### 3 - 4 Organisation en ateliers spécialisés « cellules flexibles »

Dans ce type d'organisation, on réunit en un même lieu les équipements qui assurent une même fonction technique. Ces groupes sont appelés cellules.

Dans ce mode d'organisation, les machines ne sont généralement pas spécifiques et peuvent effectuer plusieurs types d'opérations [3]. L'avantage de ce mode d'organisation est la flexibilité du système. Le principal inconvénient est l'inefficacité de la fabrication. En effet, le coût et le temps de manutention des articles entre les ateliers et les machines sont souvent importants.

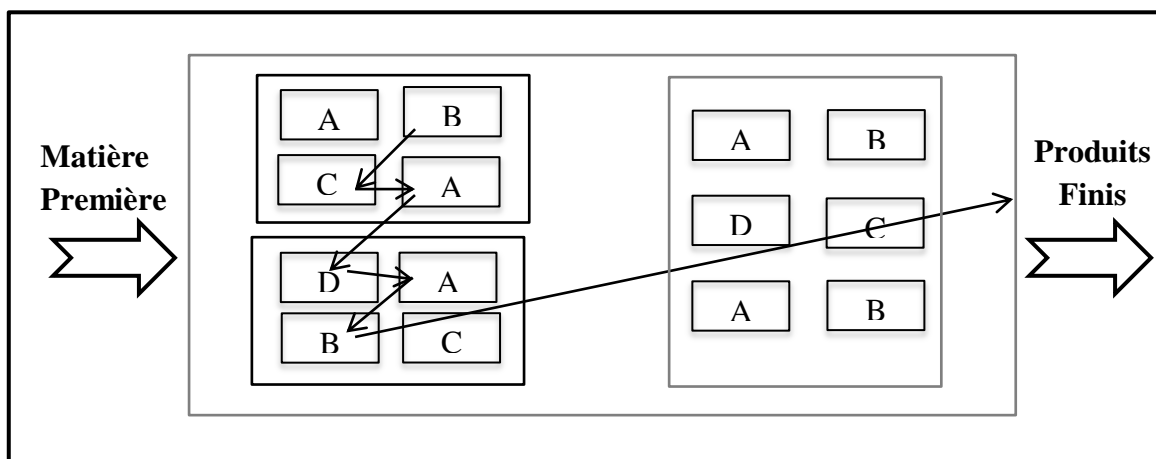


Figure 4 : Cellules flexibles

### 3 - 5 L'organisation en « Project shop »

La fabrication se fait en un seul endroit. Tout le matériel et les informations doivent arriver à cet endroit, le produit fini est ensuite fabriqué à cet endroit. Cette approche est le plus souvent utilisée pour les produits très volumineux et difficiles à déplacer et à fabriquer en petites quantités.

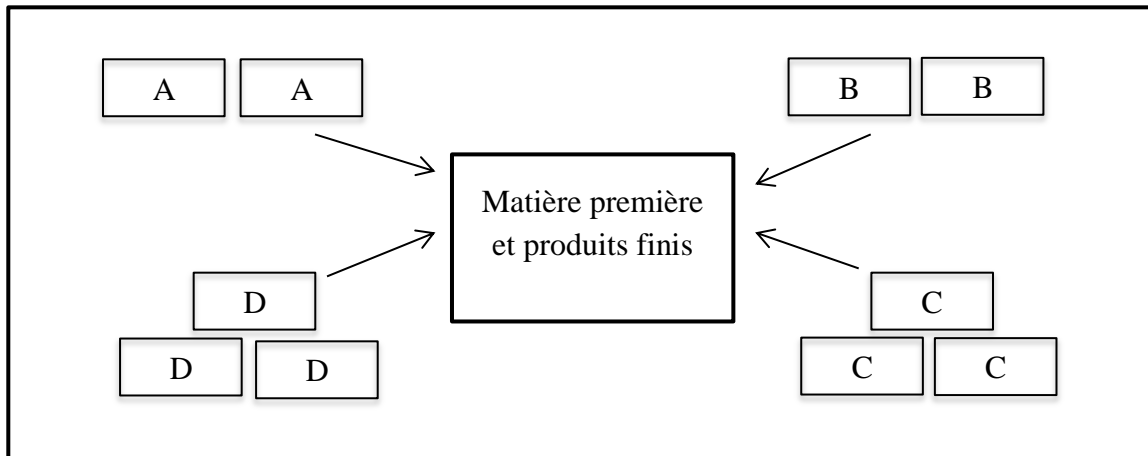


Figure 5 : Project Shop

## 4 - Classification des systèmes selon la quantité produite

### 4 - 1 La production unitaire

La production unitaire est la production résultante de l'achat d'un produit particulier ou à partir d'un seul produit commandé destiné à une demande spécifique du consommateur. L'entreprise doit s'organiser pour s'adapter aux besoins particuliers du client dans un délai optimal. Pour cela, il est important de planifier les différentes opérations du projet reconnaissant des contraintes temporelles et des successions entre les opérations [5].

### 4 - 2 La production par lot

La production par lot (batch) est un type de mode de production dans lequel le produit fini est obtenu par une série de tâches, plutôt que par une production en continu. C'est la production de différentes séries de produits identiques fabriqués en petites quantités. Celle-ci est déclenchée par l'amont tel que l'industrie des boissons ou de l'acier [5].

### 4 - 3 La production en série

La production en série est la méthode de production qui est opposée à celle à l'unité. Elle cible un ensemble du marché dans le but de fabriquer des produits similaires à la

chaîne (masse). La fabrication se déroule en prévision de la demande, il existe deux formes de production en série:

#### **4 - 3 - 1 La production par petites séries**

Ce type de production se rencontre dans l'industrie manufacturière, où une grande variété de produits doit être fabriquée en petites quantités. Les produits sont classés selon l'ordre de passage sur les machines.

#### **4 - 3 - 2 La production en grandes séries**

C'est une production conçue pour produire de grandes quantités de produits standardisés qui passent souvent par la même série de postes de travail.

### **5 - La conception des systèmes de Productions**

La conception d'un système représente l'ensemble des activités nécessaires, qui partant de la spécification des exigences du système, conduit à la définition de son architecture et de ses constituants (Fiorèse and Meinadier, 2012).

Le processus de conception doit préciser ce qui doit être fait et à quel moment, quels techniques et outils sont nécessaires à chaque phase, quelles informations nécessitent d'être collectées et quels seront les résultats et le rendu de chaque phase [2].

Le processus de conception d'un système de production peut être découpé en quatre grandes phases :

#### **5 - 1 La phase d'initialisation**

Cette phase permet de définir le problème de conception. Elle consiste à collecter les informations concernant les exigences que le système doit satisfaire ainsi que les contraintes existantes et leur importance.

#### **5 - 2 La phase de conception conceptuelle (ou préliminaire)**

Un concept principal de solution est choisi pour être développé par la suite. Cette phase permet en l'occurrence de préciser quels procédés et machines sont nécessaires.

#### **5 - 3 La phase de conception architecturale**

À cette phase la configuration physique du système de production est définie. Cela concerne le choix du type d'implantation (fonctionnelle, cellule, ligne de transfert, etc...) et le dimensionnement du nombre des ressources (nombre de machines, moyens de manutention, etc..).

## 5 - 4 La phase de conception détaillée

L'ensemble des plans et représentations des composants du système de production sont générés. La phase d'implémentation concerne les trois types de composants du système de production qui sont les ressources humaines, physiques et les composants logiques. Chacune de ces quatre phases du processus de conception est un enchaînement de 3 types d'activités [2] :

- ⇒ Une activité de choix et de dimensionnement : à travers la proposition des solutions selon les besoins et les exigences.
- ⇒ Une activité d'évaluation : par l'utilisation de modèles analytiques ou de simulation, pour voir les performances attendues des concepts proposés est les évaluer.
- ⇒ Une activité de décision : où l'on peut décider d'accepter et avancer d'avantage dans le processus, retourner en arrière pour affiner un concept ou abandonner complètement le concept.

## Conclusion

Les entreprises se focalisent davantage sur le développement du produit car elles y voient un moyen de gagner un avantage compétitif, tandis que le processus de conception des systèmes de production est rarement vu comme un moyen d'avoir le meilleur système de production (**Bellgran and Sæfsten, 2010**). Donc quel que soit son secteur d'activité, l'entreprise a besoin de se focaliser sur l'adaptation de son système de production. Les systèmes de production doivent non seulement avoir l'aptitude de se transformer rapidement pour s'adapter à de nouvelles technologies ou de nouvelles demandes, mais ils doivent en plus adapter leurs équipements et mêmes leurs localisations.

Nous allons voir dans la ce qui suit des généralités sur les emballages, plus précisément l'emballage en plastique tissé et son système de production.

## **SECTION 2 : GENERALITES SUR LES EMBALLAGES**

---

Section  
**2**

### **Généralités sur les Emballages**

## Introduction

L'emballage alimentaire tient une place très importante dans la chaîne de fabrication qui relie le produit au consommateur. Outre son rôle de protection, de transport, de stockage et de conservation des aliments, il est devenu un support d'information et de communication, aux fonctions économiques et sociables indéniables. Liés au progrès technologiques et aux contraintes environnementales, son évolution tend à répondre aux exigences de la consommation et donc des consommateurs.

L'évolution de l'industrie de l'emballage a été fortement influencée par la révolution industrielle du milieu du XIXe siècle, accompagnée d'un exode rural qui marquera l'augmentation de la demande dans les villages, autrefois autosuffisants. Cette révolution industrielle a mené à la création de magasins à rayons, ce qui a créé le besoin d'informer le consommateur sur le produit. De nos jours, la mondialisation du commerce a poussé l'emballage à répondre à d'autres besoins de préservation à plus longue durée. La chose qui a donné naissance à des emballages dits actifs et intelligents qui communiquent directement au consommateur l'information sur les caractéristiques du produit.

Si l'on analyse le secteur d'emballage en fonction de la nature des produits, la fabrication d'emballages est le secteur le plus important au niveau mondial 81%, suivie des services d'emballage 14% et des machines d'emballage 5% [6].

Cette section est consacrée à la définition des concepts clés du mémoire qui sont nécessaire pour mieux appréhender la présente étude. C'est pourquoi nous allons nous intéresser d'abord aux concepts relatifs aux emballages avant de passer au procédé de fabrication.

### 1 - Définition de l'emballage

Le terme emballage désigne les techniques et les matériaux utilisés pour envelopper ou protéger des produits à des fins de distribution, d'entreposage, de vente ou d'utilisation. Autrement dit, un emballage est un objet destiné à contenir et à protéger des produits, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, c'est un moyen de communication indirect entre les industriels et leurs clients.

### 2 - Catégories d'emballages

On distingue souvent trois catégories d'emballages :

## **2 - 1 L'emballage de vente ou emballage primaire**

Il a un contact direct avec le produit, il a pour but de contenir et de préserver celui-ci. Cet emballage doit être compatible avec le produit et le protéger de tout contaminant extérieur pouvant causer une éventuelle dégradation non souhaitée [7].

## **2 - 2 L'emballage secondaire**

Il est souvent utilisé pour la protection de l'unité ou pour faciliter l'utilisation du produit. Plusieurs emballages primaires peuvent être contenus dans un emballage secondaire qui correspond donc à l'unité de vente. Il a également pour fonction de communiquer au consommateur l'information sur le produit et, par conséquent, de vendre le produit. On l'appelle aussi unité de vente [8].

## **2 - 3 L'emballage d'expédition et de transport**

C'est-à-dire l'emballage conçu de manière à faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'articles, Il est souvent fait par des palettes réutilisables en bois ou en plastique qui permettent le transport, le stockage et la manutention de certaines quantités d'unités en vue d'éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport [8].

## **3 - Les fonctions d'emballage**

Les emballages ont pour rôle de contenir le produit, de le préserver de toute contamination, de permettre son transport, sa distribution, son stockage, son étalage, son utilisation et enfin sa disposition finale.

Les fonctions opérationnelles qui répondent aux exigences issues de ce besoin peuvent être regroupées en 4 familles spécifiques [9] :

### **3 - 1 La fonction « de Rassembler » le produit**

L'emballage vise à rassembler des objets, l'énoncé peut sembler une évidence, mais il est indispensable de bien connaître le produit et les conditions requises pour le contenir et l'emballer.

### **3 - 2 La fonction « de Protéger » le produit**

Il s'agit de protéger le produit contre les agressions externes auxquelles il sera sensible selon sa nature, en assurant la conservation de ce produit en parfait état, et donc sa protection contre le temps autant que contre les chocs.

### **3 - 3 La fonction « de Transporter et Stocker » le produit**

Il s'agit de protéger le produit et les informations sur celui-ci (dates, origine, provenance, etc.). Grâce à cela, le produit peut être expédié et reçu. L'emballage permet donc la mobilité et la facilité de l'usage du produit

### **3 - 4 La fonction « d'informer »**

Cette fonction des emballages est la plus prestigieuse car l'emballage véhicule des éléments réglementaires et des informations sur le produit.

Globalement, l'emballage se décline sous plusieurs types de matériaux : verre, bois, métaux, papier, carton. C'est l'utilisation qui permettra en général de savoir quel est l'emballage le plus adapté et le plus pratique à choisir.

## **4 - Les Types d'emballages**

### **4 - 1 Emballage en verre**

Le verre est un matériau minéral à base de silicium, fabriqué à partir du sable siliceux. Le verre est l'emballage préféré, il contribue à la protection de l'environnement étant le seul matériau 100% recyclable. L'emballage en verre assure une conservation optimale et de longue durée des qualités originelles et vertus des aliments et des boissons. Non seulement l'emballage en verre protège le produit, mais il le valorise également [10]. Exemples d'emballage en verre : Bouteilles, Flacons, Bocaux.

### **4 - 2 Emballage en Métal**

L'emballage en métal est particulièrement adapté au conditionnement des produits alimentaires, cosmétiques, pharmaceutiques, etc.

Dès leur conception, les emballages en Métal sont prévus pour résister à l'écrasement vertical, aux chocs sur les lignes de conditionnement au transport, ainsi qu'à la pression l'intérieur du contenant. De plus, ces emballages sont recyclables.

#### **4 - 2 - 1 Emballage en fer blanc**

L'emballage en fer blanc est constitué de l'acier, alliage de fer et d'autres matériaux Il est particulièrement utilisé pour le conditionnement du chocolat, du thé, du café, de la confiserie. Exemples : Boites de conserve, pot de peinture, boîte-boisson.

#### **4 - 2 - 2 Emballage en fer chromé**

C'est des matériaux composés d'acier et d'une couche de chrome, l'opération d'addition de couche est dite « chromage ».



L'appellation internationale du fer chromé est ECCS<sup>4</sup> mais la désignation usuelle TFS<sup>5</sup> est encore couramment employée [11].

### **4 - 3 Emballage en Aluminium**

L'aluminium est extrêmement fonctionnel en tant que matière d'emballage alimentaire, car il tolère des températures extrêmes. Par conséquent, il convient bien aux aliments qui ont besoin d'être surgelés, grillés, cuits ou simplement conservés au frais [12].

Tout comme l'acier et le verre, l'aluminium présente un caractère indéfiniment et entièrement recyclable. Exemples d'emballages en Aluminium : canettes, barquettes.

### **4 - 4 Emballage en Bois**

Le secteur de l'emballage bois, est en lien économique avec les secteurs de l'agroalimentaire (les producteurs de fruits et légumes et la grande distribution), du transport et de la logistique.

L'emballage en bois regroupe trois grands types d'emballages.

#### **4 - 4 - 1 l'emballage léger**

Il est destiné à l'agroalimentaire (ex : cagettes, cageots, caissettes, bourriches à huîtres, boîtes à fromage...).

#### **4 - 4 - 2 l'emballage lourd**

Il s'agit d'emballages destinés à faciliter la manutention et le transport de produits, en vue d'éviter leur manipulation physique et les éventuels dommages liés au transport (ex : palettes, caisses-palettes, plateaux).

#### **4 - 4 - 3 l'emballage industriel**

Qui correspond aux produits destinés au transport de pièces volumineuses.

### **4 - 5 Emballage en papier / Carton**

Comme son nom l'indique, ce genre d'emballage alimentaire vient directement de l'industrie du bois. Il s'agit d'un matériau recyclable et très abordable. Mais malgré ses avantages (biodégradable, recyclable, pas cher), les emballages en papier et/ou carton réagissent mal à l'humidité.

Exemples d'emballage en Papier / Carton : Sacs industriels, Papier cuisson, Papier cadeau, boîte en carton etc...

**Nota Bene** : Généralement, un matériau mesurant moins de 300 micromètres d'épaisseur est appelé papier, alors qu'un matériau qui mesure plus de 300 micromètres est appelé carton.

<sup>4</sup> Electrolytic Chromium Coated Steel

<sup>5</sup> Tin Free Steel

## 4 - 6 Emballage composites et multicouches

C'est un type d'emballage pour les aliments et les boissons que vous pouvez acheter aux magasins. Ils sont faciles à reconnaître et sont offerts en deux types : les contenants à longue conservation (aussi connus sous le nom de contenants aseptiques) et les contenants réfrigérés (contenants à pignon).

Les contenants multicouches sont principalement constitués de papier cartonné auquel on ajoute de fines couches de polyéthylène (plastique). Dans le cas des contenants de longue conservation, on trouve aussi une mince couche d'aluminium [13]. Ce genre d'emballage permet de combiner les avantages de différents matériaux. En raison de la diversité des avantages et inconvénients propres à chaque emballage.

## 4 - 7 Emballage en Plastique

Les plastiques sont des matériaux déformables : ils peuvent être moulés ou modelés facilement, en général à chaud et sous pression. Leur facilité de mise en forme, résistance aux chocs, aux variations de température, à l'humidité, aux détergents,... les rendent utiles dans tous les domaines. L'emballage plastique s'adapte à toutes les exigences des produits emballés grâce à la diversité des matières plastiques et des technologies de transformation.

Il existe un grand nombre de plastiques avec différentes propriétés, on les classe en trois grandes catégories: **les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.**

### 4 - 7 - 1 Les Thermoplastiques

Sous l'action de la chaleur, ces polymères fondent deviennent souples après ils reprennent leur rigidité en refroidissant. La transformation est réversible et renouvelable un grand nombre de fois, les thermoplastiques sont ainsi facilement recyclables.

Cependant ils ne sont pas biodégradables et ont une durée de vie de plusieurs centaines d'années. Ce sont les matières plastiques les plus utilisées (notamment PE<sup>6</sup>, PET<sup>7</sup> et le PVC<sup>8</sup>).

---

<sup>6</sup> Polyéthylène

<sup>7</sup> Polyesters Et Polyéthylène Téréphtalate

<sup>8</sup> Polychlorure De Vinyle

#### **4 - 7 - 2 Les thermodurcissables**

Les thermodurcissables sont des plastiques qui prennent une forme définitive au premier refroidissement. La réversibilité de forme est impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés. La technique de fabrication est difficile à mettre en œuvre mais elle produit des matériaux très solides et très résistants aux agressions chimiques et à la chaleur.

#### **4 - 7 - 3 Les élastomères**

Les élastomères sont élastiques : ils se déforment et tendent à reprendre leur forme initiale et supportent de très grandes déformations avant rupture. Ce ne sont pas réellement des «plastiques».

On distingue trois grandes catégories qui présentent chacune de nombreux produits aux propriétés variées :

- ⇒ Caoutchoucs.
- ⇒ Elastomères spéciaux.
- ⇒ élastomères très spéciaux.

### **5 - Les formes commerciales des matières plastiques**

La matière plastique première peut être livrée sous une des formes suivantes :

- Granulés.
- Poudre.
- Résine.
- Et des semi-produits (feuilles, films, pastilles, et fibres).

### **6 - Quelques Applications du plastique**

- Films étirables / Film rétractable (sur palette).
- Sacs pour produits industriels et agroalimentaire.
- Sacs à déchets : utilisés dans les hôpitaux, chantiers.
- Sac pour produits agroalimentaires.

### **7 - Les sacs en polypropylène**

#### **7 - 1 Définition**

Le sac plastique est un assemblage de feuilles en matière plastique qui reste ouvert à une extrémité pour accueillir un contenu. Les sacs en PP<sup>9</sup> sont composés de fibres

---

<sup>9</sup> Polypropylène

synthétiques et de matières recyclables à hauteur de 80%. C'est un atout économique intéressant pour les petits budgets.

## 7 - 2 Les caractéristiques des sacs en Polypropylène

- Les sacs d'emballage en polypropylène pèsent moins que les sacs en papier traditionnels, ce qui réduit les frais de transport.
- Les sacs d'emballage en polypropylène consomment moins d'espace, ce qui augmente l'espace de stockage dans l'entrepôt.
- Les sacs d'emballage en polypropylène sont solides, résistants à la perforation et à la déchirure.
- Les sacs d'emballage en polypropylène résistent à l'humidité.
- Les sacs d'emballage en polypropylène sont 100% recyclables.

## 7 - 3 Domaine d'utilisation des Sacs d'emballages en Polypropylène

Les sacs d'emballage en polypropylène sont largement utilisés :

- ⇒ **Zone alimentaire:** comme le sucre, le sel, la farine, la semoule.
- ⇒ **Zone agricole:** sous forme de céréales, riz, blé, maïs, grains de café, soja.
- ⇒ **Alimentation:** nourriture pour animaux, litière pour animaux de compagnie, graines pour oiseaux, graines de graminées, aliments pour animaux.
- ⇒ **Produits chimiques:** engrais, matières chimiques, résine plastique.

## 8 - Les Structures des sacs en plastique

### 8 - 1 La structure non tissée

Les structures non-tissés sont parmi les structures les plus vendues dans le monde, surtout grâce à leur processus de fabrication très simple et à la diversité d'applications auxquelles ils peuvent répondre.

Ils consistent en un réseau de fils disposés plus ou moins au hasard qui sont pressés et non tissés. Cela forme des alvéoles. Parmi les caractéristiques les plus importantes des non-tissés, on peut citer leur vitesse de production, qui est généralement beaucoup plus rapide que toutes les autres formes de production.

#### 8 - 1 - 1 Les avantages des non-tissés

- ⇒ Un impact minime sur l'environnement.
- ⇒ Faible coût de fabrication.

- ⇒ Aspect souple et rigide.
- ⇒ Solides, réutilisables, recyclables et facilement personnalisables.
- ⇒ Le passage direct de la matière première au produit fini à l'aide d'un seul processus.

### **8 - 1 - 2 Les inconvénients des non-tissés**

Les non-tissés ont également certains inconvénients qui limitent leur utilisation. Par exemple, leur performance mécanique est généralement moins élevée par rapport aux tissés. L'inconvénient majeur du non tissé est qu'il est de résistance et de durabilité inférieure, étant donné que les fibres sont disposées dans une certaine direction, elles sont facilement fendues.

### **8 - 2 La structure tissée**

Le terme tissé est utilisé pour décrire une structure textile basée sur des fils de base orientés à 90° les uns par rapport aux autres. Les fils disposés dans la direction de la machine sont appelés « les fils de chaîne » et ceux dans la direction transversale sont appelés « les fils de trame ».

## **9 - Les sacs tissés**

Les sacs en polypropylène tissés sont l'alternative aux sacs plastiques utilisés principalement par la grande distribution. Ils sont composés de fines lamelles entrecroisées de 2 à 3mm de largeur pour former des petits carrés. Ces sacs sont connus pour leur résistance et leur solidité qui est assurée généralement par l'ajout d'une couche de plastique (BOPP<sup>10</sup>) par-dessus le maillage. Ces sacs sont alors solides, économiques, tout à fait adaptés à transporter des objets lourds et très volumineux.

Ce type de sac est communément utilisé pour l'emballage d'articles en tous genres mais également, dans l'industrie, pour emballer le ciment ou encore les produits chimiques.

Cette gamme de sacs peut se décliner à l'infini selon les dimensions, l'épaisseur, les fermetures, le choix d'impression ou de lamination.

D'autre part, l'utilisation se définit par la charge en kg, le volume en litres, la densité du contenu, la granulométrie du contenu ainsi que l'état du contenu.

---

<sup>10</sup> Biaxially Oriented Polypropylène

### **9 - 1 Avantages des sacs tissés**

- Résistance aux déchirures, ce qui réduit les pertes coûteuses et les frais de retouche.
- Aspect écologique (80% de matière recyclable).
- Imprimables sur les deux côtés.
- Conception personnalisée pour convenir aux besoins.
- Coupé à chaud, coupé à froid ou ouverture ourlée.
- Largement utilisés pour les produits qui ont besoin de respirer.

### **Conclusion**

Nous avons essayé dans cette section de donner un aperçu sur les différents types d'emballage, nous avons ensuite présenté l'emballage en plastique tissé et non tissé avec leurs avantages et inconvénients.

Dans la section suivante nous allons expliquer et présenter minutieusement le procédé de fabrication des sacs tissés ainsi que les machines utilisées lors de la production.

## **SECTION 3 : PROCEDE DE FABRICATION DES SACS TISSES**

---

Section

**3**

## **Procédé de Fabrication des Sacs Tissés**

## Introduction

L'environnement de production au 21ème siècle est confronté à de nombreux défis et changements. L'évolution des marchés se traduit par une forte croissance de la production et du développement des emballages plastiques qui reste un secteur très réactif, attentif à la diversité de ses utilisateurs : agroalimentaire, parfumerie, pharmacie dont les attentes sont variées et évolutives. D'où l'apparition de la production de sacs tissés pour différents usages, qui répond d'abord et avant tout à un besoin existant sur le marché algérien.

Pour qu'une entreprise soit rentable, elle doit savoir rester compétitive dans un contexte international complexe et mouvant, doit gagner en réactivité et flexibilité et être en mesure de répondre plus rapidement à de nouveaux types de produits, à de nouveaux marchés ainsi qu'à un nouvel environnement sociétal. Elle a besoin de rationaliser et maîtriser les différents flux d'informations, d'harmoniser ses systèmes d'informations et d'améliorer sa rentabilité et sa compétitivité.

La production est donc entrée dans une époque où toutes les entreprises de production doivent se préparer à la concurrence dans une économie mondialisée. Donc pour que les industries d'emballage restent compétitives, elles doivent concevoir de nouveaux systèmes de production qui produisent non seulement des produits de haute qualité à faible coût, mais aussi qui permettent de répondre à des changements rapides de leur environnement et de manière efficace.

Dans cette partie, nous allons d'abord présenter le procédé de fabrication des sacs tissés tout en exposant minutieusement un Process FlowChart. Ensuite nous passerons à l'identification des machines utilisées puis à l'explication de leur fonctionnement.



## 1 - Procédé de Fabrication des Sacs Tissés

Les sacs en polypropylène tissés sont l'alternative aux sacs plastiques utilisés principalement par la grande distribution. Ces sacs sont connus pour leur rigidité et leur solidité. En effet, les sacs en polypropylène tissé ont su s'imposer dans notre société par leurs caractéristiques respectueuses de l'environnement ainsi pour leurs convenance et leurs résistance au quotidien. Ce type de sac est communément utilisé pour l'emballage d'articles en tous genres mais également, dans l'industrie, pour emballer le ciment ou encore les produits agroalimentaires « Farine, Sucre, Semoule... ».

Pour fabriquer ces sacs en polypropylène tissé, plusieurs étapes et plusieurs machines sont nécessaires. Le processus de Production se divise en 5 grandes parties :

- ⇒ L'extrusion.
- ⇒ Le tissage .
- ⇒ La Lamination.
- ⇒ L'impression .
- ⇒ La confection « Découpe & Couture ».

### 1 - 1 L'extrusion

L'extrusion est la première étape nécessaire à la fabrication de ces sacs. Elle consiste à transformer un polymère (sous forme de granulé) en un long fil d'épaisseur variable suivant le produit final.

La machine qui assure cette étape est l'extrudeuse, Le principe de cette dernière consiste à transporter, fondre, malaxer, plastifier et comprimer le mélange de matières premières avec quelques additifs à l'aide d'une vis de plastification. Le mélange plastifié passe ensuite sous pression donnant naissance à un film de plastique de faible épaisseur qui est découpé linéairement par des lames équidistantes servant à produire des bandelettes de fil qui seront par la suite étirées pour être enroulées de façon lisse et régulière afin de former des bobines de fil . Une fois la bobine de fil produite, elle est utilisée comme élément d'entrée de la deuxième étape du processus de fabrication.

### 1 - 2 Le Tissage

La deuxième étape du tissage est assurée par des métiers circulaires 'tisseuses ' . Il s'agit d'un équipement spécifique qui permet de produire des tissus tissés à base de fils plats de polypropylène.

Ce métier à tisser comprend une zone de tissage dans laquelle sont introduits dans au moins une voie supérieure et une voie inférieure des fils de trame, chacun de ces fils de trame étant introduit entre au moins deux fils de chaîne par au moins un élément d'introduction de trame, Les bandelettes sont tissées circulairement donnant naissance à un rouleau de toile tissée.

### **1 - 3 La lamination**

La lamination est une étape indispensable dans le processus de fabrication des sacs, le rouleau tissé à ce stade va être enduit par extrusion et lamination avec un mélange de polymères: PP à 80% et PEBD<sup>11</sup> à 20%.

Cette technique va permettre d'avoir une qualité d'impression exceptionnelle de longue durée, une très bonne étanchéité ainsi qu'une meilleure protection du produit.

### **1 - 4 L'impression**

Une fois les rouleaux tissés laminés obtenus, l'étape qui suit consiste à imprimer le design et les couleurs souhaités par le client. Cette étape permet de donner aux sacs une allure différente selon des caractéristiques précises définies au préalable.

Pour ce faire, les motifs sont imprimés avec impression par flexographie selon des configurations multiples, faite avec des encres alimentaires à base d'eau. Ce procédé d'impression est en pleine croissance grâce à son faible coût et à son côté écologique.

### **1 - 5 La confection**

L'étape de confection est l'étape de finalisation du produit, à ce stade le sac est arrivé à la maturité. les rouleaux imprimés passent dans une machine qui fait la découpe et ensuite la couture selon des dimensions et des paramètres bien déterminés au préalable, pour avoir un sac tissé à fond cousu .

Le procédé de fabrication des sacs tissés est présenté dans un Process Flow-Chart (**voir figure 6**).

---

<sup>11</sup> Polyéthylène à Basse Densité

# Processus de Production des Sacs Tissés

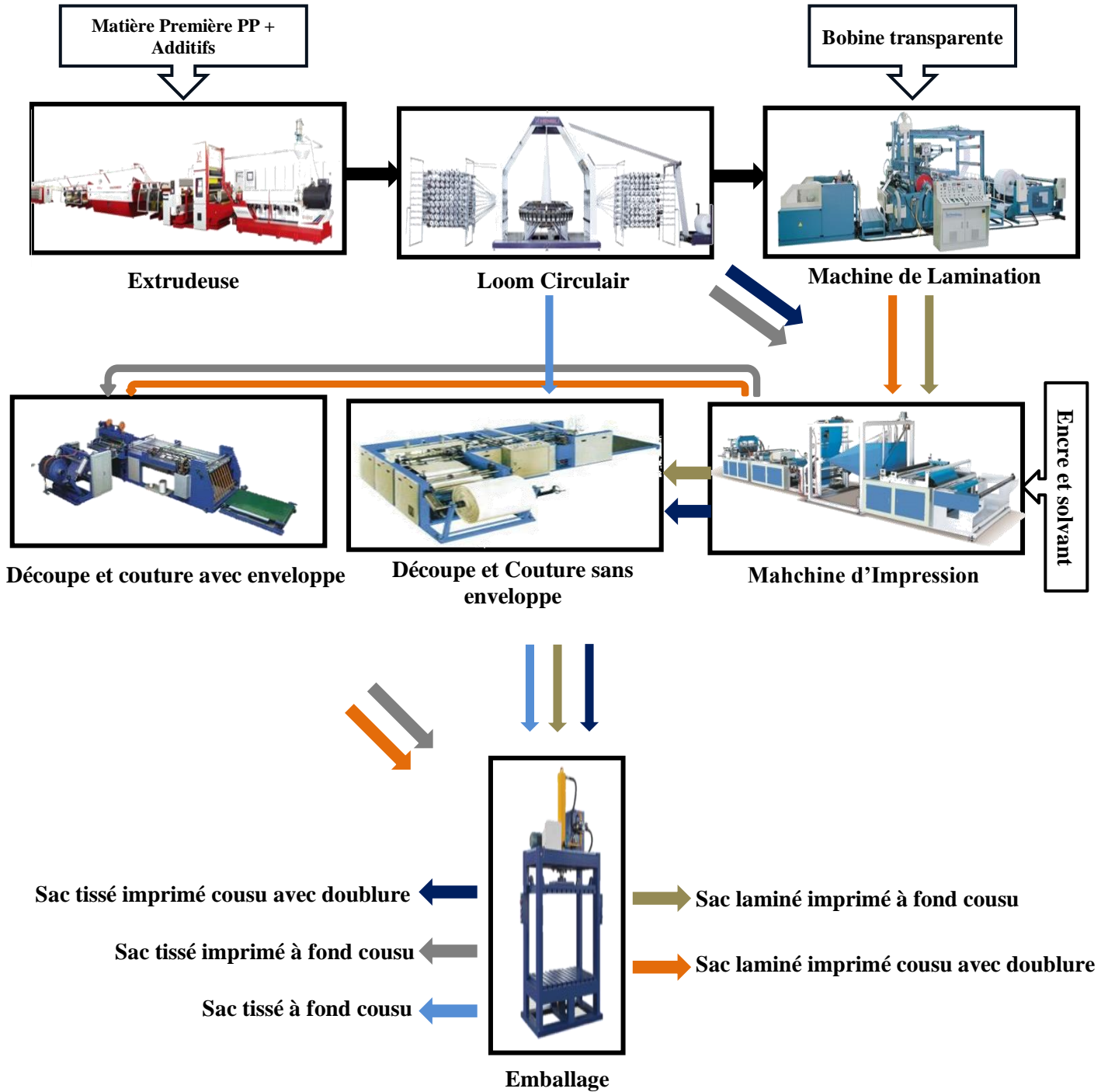


Figure 6 : Processus de production des sacs tissés

Après avoir expliqué le processus de fabrication de sacs tissés, nous allons à présent faire une étude approfondie des équipements nécessaires à la production dont notre projet fait l'objet.

## 2 - Equipements nécessaires et caractéristiques

### 2 - 1 L'Extrudeuse



Figure 7 : Extrudeuse (Hengly Machinery)

La station Extrudeuse est spécialement conçue pour la production de fils plats PP à travers la transformation de la matière première en un produit profilé long.

La transformation se fait sous pression avec un conditionnement en température bien approprié. La machine comprend une unité d'extrusion, une unité de four d'étirage et une unité d'enroulement.

Le procédé d'extrusion de plastique consiste à introduire dans une cavité de l'extrudeuse, la matière première qui est le plastique brut, sous forme de granulés solides. La machine fait chauffer les granulats à une température convenable à l'extrusion, afin d'obtenir une pâte de plastique homogène et fondue. Une vise sans fin tourne et force la pâte de plastique en fusion de s'avancer sous pression, à travers la tête d'extrusion de la machine. Un film en plastique est obtenu, il est introduit dans un bac d'eau 'refroidissement', pour être ensuite découpés en bandelettes qui passent par un four pour être étirés afin d'obtenir la largeur souhaitées et finalement enroulées en bobines.

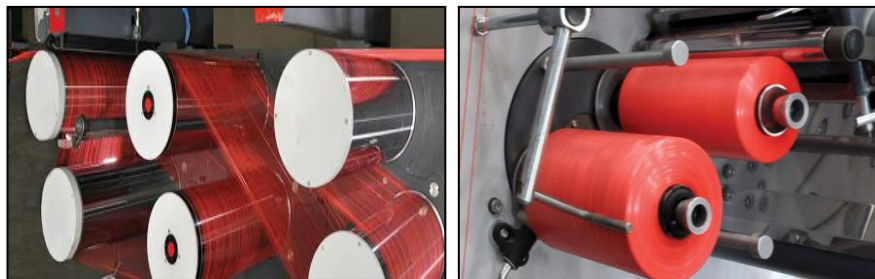


Figure 8 : Unité de filature – Remplissage de fil

## 2 - 2 Le métier à tisser « Loom Circulaire »



Figure 9 : Loom Circulaire ( Hengly Machinery)

Une machine à tisser est une machine dans laquelle deux ensembles distincts de filés ou de fils sont entrelacés à angle droit pour former un tissu. Les fils verticaux sont appelés fils de chaîne et les fils horizontaux sont les fils de trame. La méthode par laquelle ces fils sont tissés ensemble influe sur les caractéristiques du tissu qui en résulte.

Un métier à tisser est tout d'abord caractérisé par la largeur de tissage qu'il peut effectuer. Sa deuxième caractéristique est l'insertion de la trame.

Des bobines sont montées en chaîne et en trame pour réaliser le tissage d'un rouleau d'une longueur et largeur bien définies.

## 2 - 3 Machine de Lamination

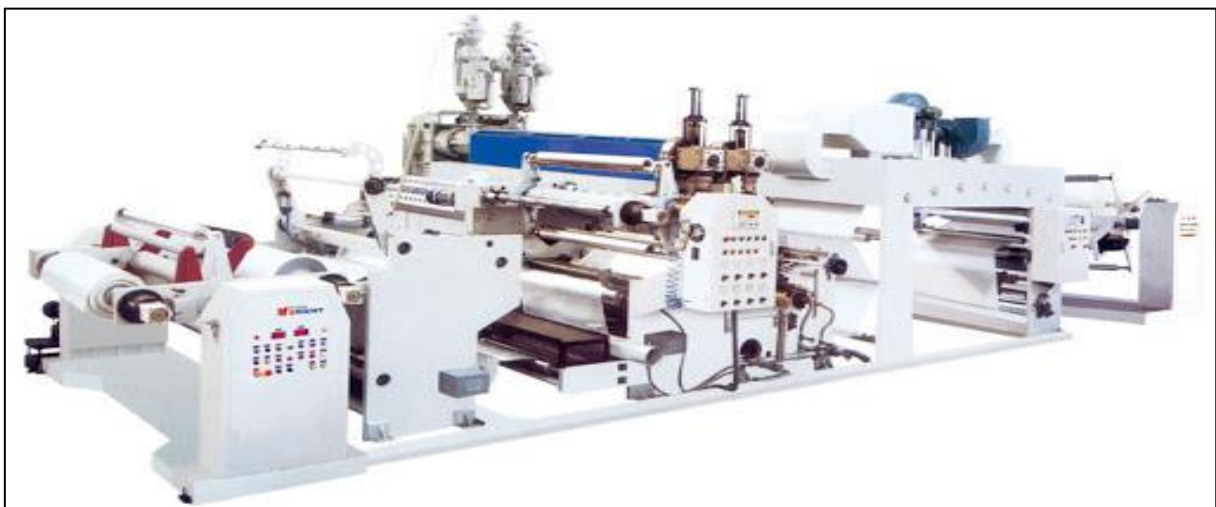


Figure 10 : Machine de Lamination

La lamination se produit lorsque deux ou plusieurs couches de matériau sont assemblées par cohésion. La lamination peut être constituée de différentes couches de matériau

maintenues ensemble par une sorte de polymère ou de matière plastique. Ces couches fournissent souvent la résistance et le renforcement à la matière plastique de base.

La machine de lamination est composée de 4 unités :

- ⇒ Unité d'extrusion .
- ⇒ Unité de déroulement.
- ⇒ Unité de plastification.
- ⇒ Unité d'enroulement.

### **2 - 3 - 1 Les étapes de lamination**

La première étape consiste à mélanger la matière première plus quelque additifs dans un mélangeur elle passe ensuite par une visse qui contient des résistances avec une température de 240 °C, la vice tourne au même temps elle chauffe et elle dissout la matière. D'un autre côté le rouleau est déroulée, la toile sera ensuite nettoyée de la poussière et chauffée à travers le passage par un cylindre chaud pour la préparation à la lamination.

Le mélange de la matière première coule pour former une couche sur les deux faces de la toile, l'excès de la matière sur les extrémités de la toile est découpé et finalement la toile laminée est enroulée en bobine

### **2 - 3 - 2 Les modes de lamination**

Selon le type de cylindre placé lors de l'opération, on peut distinguer 3 types de lamination :

- Lamination lisse.
- Lamination martelée.
- Lamination perforée.

### **2 - 3 - 3 Types de la Lamination**

- ⇒ **Lamination en Film BOPP** : Une couche de film BOPP est collée sur le côté extérieur du sac pour améliorer sa résistance avec trois couches de protection. Le film BOPP peut être imprimé avec des graphiques de très haute qualité.

- ⇒ **Lamination doublée** : Sacs tissés en PP doublés sont scellés avec une doublure étanche en HDPE<sup>12</sup> et LDPE<sup>13</sup>. Cela empêche la doublure de s'effondrer lorsque le sac est rempli et réduit l'accumulation d'humidité.
- ⇒ **Lamination en PP** ; sacs en plastique laminé sont recouverts d'une fine couche de film polypropylène. Le film est utilisé pour tapisser le sac à l'intérieur, à l'extérieur ou les deux.

## 2 - 4 Machine d'impression

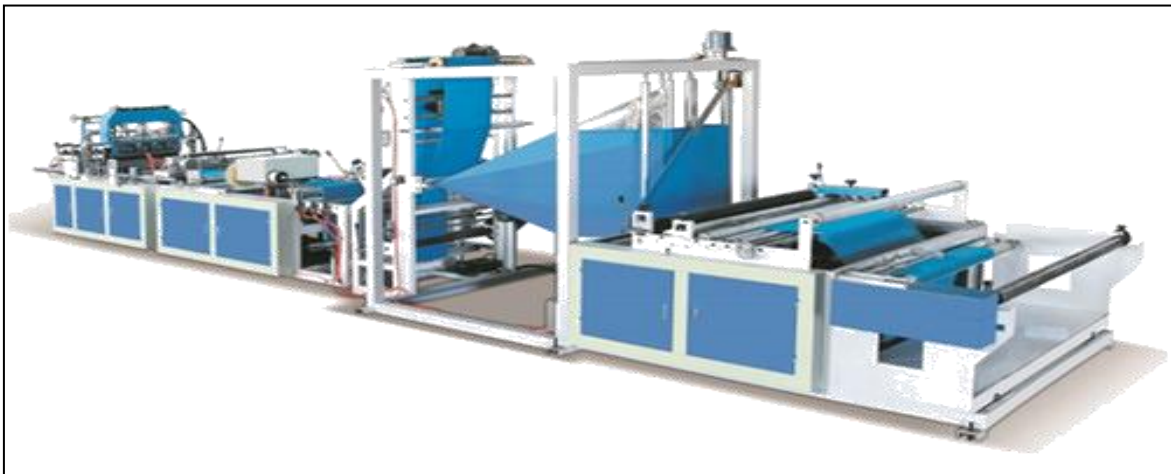


Figure 11 : Machine d'impression Flexographique

plaque souple en relief qui change d'épaisseur en fonction des travaux à réaliser. Ce procédé d'impression est davantage présent dans l'univers de l'emballage où il est utilisé pour imprimer sur différents supports comme le papier, le carton, des films ou encore les plastiques

Le principe d'impression est relativement comparable au principe du tampon encreur mais à l'échelle industrielle, s'en différencie notablement, par la possibilité qu'il offre de réaliser des impressions en plusieurs couleurs. La machine d'impression flexo-graphique offre une qualité d'impression incomparable, un fonctionnement facile et des changements de fonctionnalités extrêmement rapides. Pour assurer une bonne qualité d'impression,

La machine d'impression flexographique (roll to roll) a des performances de production élevées pour l'impression de sacs tissés en PP. Cette machine est équipée de boîte de vitesse avec enregistrement d'impression et un four de séchage aérien qui permet l'augmentation de l'efficacité de production.

<sup>12</sup> High-density polyethylene

<sup>13</sup> low density polyethylene

## 2 - 5 Machine découpe et couture



Figure 12 : Machine de Couture

Le processus de couture est la dernière étape du processus de fabrication de sacs tissés avant l'emballage final, après le tréfilage, le tissage du tissu, la lamination et l'impression ou tout autre processus nécessaire.

La machine de découpe et de couture de sacs comprend un dispositif de soufflage, une unité de coupe pliante et une unité de couture et une unité de livraison, la capacité de la machine est de 30 à 50 sac par minutes, une fois le rouleau est placé la machine il sera déroulé, découpé et ensuite cousu pour être enfin emballé et livré au client.

## 2 - 6 Machine d'emballage

Une presse, le plus souvent appelée **balig Machine**, est une machine utilisée pour comprimer les sacs tissés pour les rendre faciles à manipuler à stocker et à transporter. Les sacs cousus sont pressés et emballés pour être livrés au client.

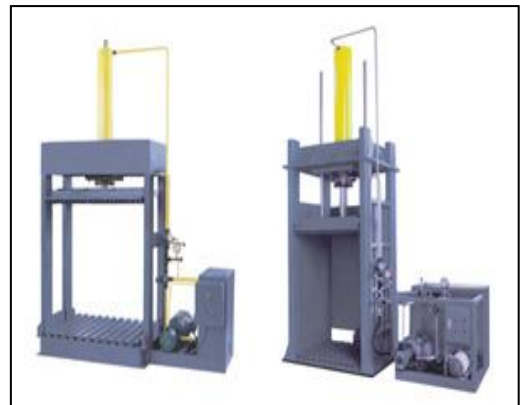


Figure 13 : Machine d'emballage



## **PARTIE II: CADRE PRATIQUE**

**SECTION 1: FACILITIES LAYOUT DESIGN**

---

Section  
**1**

**Facilities Layout Design**

## Introduction

Face à la mondialisation économique et aux révolutions technologiques dans le contexte concurrentiel, les entreprises industrielles sont confrontées à un marché en constante évolution et à une demande variable des clients dans lequel elle opère, la fonction de production devient de plus en plus stratégique, dans la mesure où elle oblige à la maîtrise d'un environnement instable d'où la nécessité de faire évoluer en permanence le système de production.

Lorsqu'une entreprise se positionne sur un nouveau marché, elle doit avoir une bonne étude de la conception de son système de production. Ce dernier doit non seulement avoir la capacité de se transformer rapidement pour s'adapter aux nouvelles technologies ou aux nouvelles demandes, mais il doit également adapter son équipement et même son emplacement aux différents changements. L'impact de ces inducteurs de changement peut s'étendre à l'intérieur ou à l'extérieur d'une entreprise. L'impact interne dont l'effet peut remettre en cause l'organisation, peut concerner la performance de l'entreprise en termes de rentabilité par exemple. Quant au périmètre externe du changement, il peut concerner la valeur ajoutée pour les clients.

Les entreprises industrielles doivent produire des produits de bonne qualité avec le prix le plus bas possible, Un des principaux facteurs qui influent sur les coûts est la mauvaise conception des installations qui signifie une mauvaise disposition dans l'usine. **Muthur**[14], croyait que passer un peu de temps sur la planification de la conception avant l'installation réduit considérablement les pertes. Obtenir une bonne disposition permettra d'économiser beaucoup d'investissement car une mauvaise disposition nécessite un réarrangement ultérieur qui est long et coûteux.

Ce chapitre va fournir un aperçu sur le **Facility Layout Design** son importance, ses objectifs ainsi que les effets que ce dernier peut avoir sur une usine de production Dans ce chapitre, nous allons aussi voir les différents types d'aménagement d'usine qui existent. L'objectif est de comprendre les différentes typologies existantes ainsi que les caractéristiques dont il faut tenir compte dans la conception de tels systèmes.

## 1 - Facilites Layout Design

Facilites layout design , également connu sous le nom conception des installations, traite la disposition ordonnée et appropriée des équipements de production et de l'utilisation des ressources disponibles, y compris les opérateurs, les machines, les outils, les matériaux et les méthodes de production à l'intérieur de l'usine. En effet, l'aménagement de l'usine est l'allocation de l'espace et la disposition des équipements de telle manière que le coût opérationnel global peut être minimisé.

Une configuration d'usine bien conçue se soucie d'une utilisation maximale et efficace des ressources disponibles à des coûts d'exploitation minimaux.

## 2 - Définitions

Selon **James Lundy** «facilites design implique de façon identique l'allocation d'espace et la disposition des équipements de manière à minimiser les coûts d'exploitation globaux». Pour reprendre les mots de **Mallick et Gandreau** «La conception des installations de l'usine est un plan permettant de déterminer et d'organiser les machines et l'équipement d'une usine, qu'ils soient établis ou envisagés, au meilleur endroit, pour permettre l'écoulement le plus rapide de la matière, au moindre coût ,et avec un minimum de manipulation dans la transformation du produit, de la réception de la matière première à l'expédition du produit fini » [15].

Comme le disent **Sansonneti et Malilick (Factory management Vol. 103)** «facilites design c'est prévoir le bon équipement au bon endroit, pour permettre le traitement d'une unité de produit de la manière la plus efficace, sur la distance la plus courte possible et dans les plus brefs délais[15].

## 3 - Principes du Facilities layout design

Le facility layout design se fonde sur les principes suivants :

- (a) l'intégration: C'est l'intégration des parties impliquées dans la production comme les travailleurs, les machines, les matières premières, etc., de manière logique et équilibrée.
- (b) Mouvements minimaux et manutention optimale: Le flux doit être minimisé.
- (c) Écoulement régulier et continu: Les goulots d'étranglement, les points d'encombrement doivent être supprimés par des techniques d'équilibrage de ligne appropriées.

(d) Utilisation de l'espace cubique: En plus d'utiliser l'espace au sol, si la hauteur du plafond est également utilisée, des espaces de stockages sont gagnés davantage.

(e) Environnements sûrs et améliorés: Les lieux de travail sûrs, bien ventilés et exempts de poussière, de bruit, de fumées, d'odeurs et d'autres conditions dangereuses augmentent nettement l'efficacité de fonctionnement des travailleurs et améliorent leur moral. Tout cela conduit à la satisfaction des travailleurs et donc l'augmentation de leurs rendements.

(f) Flexibilité: il est préférable de laisser toute la flexibilité possible dans la conception de l'installation pour que les changements du processus de production puissent être réalisés au moindre coût ultérieurement.

#### 4 - Objectifs du facilities layout design

- ⇒ Minimiser la manutention des matériaux.
- ⇒ minimiser les temps d'attente des produits semi finis.
- ⇒ minimiser les mouvements effectués par les opérateurs.
- ⇒ Minimiser les interruptions des machines.
- ⇒ Réduire les risques affectant les employés.
- ⇒ Augmenter la capacité de production du système.
- ⇒ Maintenir la flexibilité.
- ⇒ Maintenir une rotation élevée des stocks en cours de fabrication.
- ⇒ Utilisation efficace des opérateurs, de l'équipement et de l'espace.
- ⇒ Faciliter les progrès de la fabrication en maintenant l'équilibre des processus.

#### 5 - Facteurs affectant la conception des usines

La solution finale pour un aménagement d'usine doit prendre en compte un équilibre entre les caractéristiques et les considérations de tous les facteurs affectant la conception, afin d'obtenir le maximum d'avantages. Ces facteurs peuvent être regroupés en 5 catégories:

- **Matériaux:** La disposition de l'équipement productif dépendra des caractéristiques du produit à gérer dans l'installation, ainsi que des différentes pièces et matériaux sur lesquels travailler. Les Principaux facteurs à considérer sont : la taille, la forme, le volume, le poids et les caractéristiques physico-chimiques, car ils influencent les méthodes de fabrication et le stockage et la manipulation des produits.

- **Travail:** Le travail doit être organisé dans le processus de production (travail direct, supervision et services auxiliaires). Considérations environnementales: sécurité des employés, conditions d'éclairage, ventilation, température, bruit, etc.
- **Manipulation des moyens de manutention :** La manipulation des moyens de manutention n'ajoute pas de valeur au produit c'est juste un gaspillage, l'objectif est de minimiser cette manipulation ainsi que la combinaison avec d'autres opérations lorsque cela est possible, en éliminant les mouvements inutiles et coûteux.
- **Temps d'attente:** minimiser les temps d'attente qui se produisent lorsque le flux s'arrête. En revanche, les produits en attente de circulation dans l'installation ne représentent pas toujours un coût à éviter. Il est alors nécessaire de considérer l'espace pour le stock requis dans l'installation lors de la conception d'usine.
- **Changements futurs:** l'un des principaux objectifs de l'aménagement de l'usine est la flexibilité. Il est important de prévoir les changements futurs pour éviter d'avoir une configuration d'usine inefficace à court terme. La flexibilité peut être atteinte en maintenant la disposition d'origine aussi libre que possible.

## 6 - L'importance du Facilities Layout design

La planification et la conception des installations sont essentielles pour aider une organisation à améliorer sa chaîne de production, La caractéristique la plus souhaitable du facilities layout design est sa capacité à maintenir son efficacité dans le temps. Cette efficacité peut contribuer à améliorer de nombreuses facettes d'une entreprise, notamment:

- L'Augmentation du rendement des actifs en maximisant les rotations des stocks, en minimisant les stocks obsolètes, en maximisant le rendement des employés et en utilisant l'amélioration continue.
- L'amélioration de la satisfaction client en réduisant les délais et en augmentant la réactivité de l'entreprise aux besoins des clients.
- Réduction des coûts en raison de la diminution d'une grande variété de coûts, tels que le transport, l'inventaire, l'emballage et bien d'autres.

## 7 - Les types d'aménagement d'usine

### 7 - 1 Disposition orientée processus

Egalement connu sous le nom de disposition fonctionnelle, elle se caractérise par le fait de conserver des machines similaires ou des opérations similaires à un seul endroit. En d'autres termes, les machines sont disposées en fonction de leurs fonctions. Ce type d'agencement est généralement utilisé pour les industries engagées dans la production de commandes d'emploi et les activités d'entretien ou de fabrication non répétitives [16].

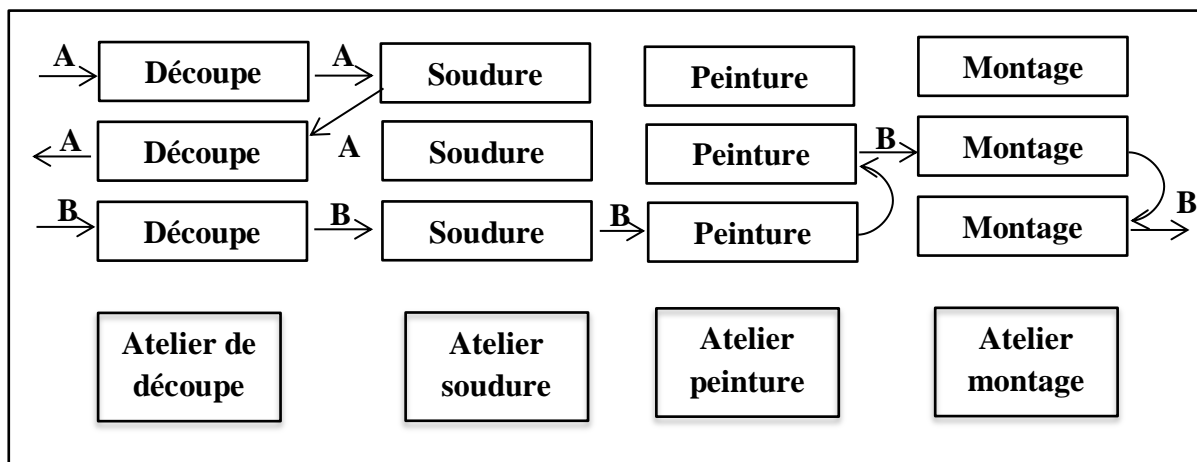


Figure 14: Disposition orientée Processus

#### 7 - 1 - 1 Avantages de la disposition orientée processus

- ⇒ Une grande flexibilité en ce qui concerne l'attribution de travail aux équipements et aux travailleurs.
- ⇒ Meilleure utilisation des équipements disponibles.
- ⇒ Un nombre relativement inférieur de machines nécessaires, ce qui implique une réduction des investissements en capital.
- ⇒ Meilleure qualité des produits, car les superviseurs et les travailleurs s'occupent d'un seul type de machines et d'opérations.
- ⇒ Le changement dans la conception des produits et des processus peuvent être facilement intégrés.

#### 7 - 1 - 2 Inconvénients de la disposition orientée processus

##### (Par rapport à la disposition orientée produits)

- ⇒ Pour la même quantité de production, cette configuration ne nécessite pas d'espace.

- ⇒ La manutention automatique des matériaux est extrêmement difficile.
- ⇒ Plus de produits en cours reste en attente pour d'autres opérations.
- ⇒ La matière première doit parcourir de plus grandes distances pour être transformée en produits finis. Cela augmente la manutention des matériaux et les coûts associés.

## 7 - 2 Disposition orientée produit

Egalement connu sous le nom de disposition de ligne .Cela implique que diverses opérations sur la matière première sont effectuées dans une séquence et que les machines sont placées le long de la ligne de flux de produits, c'est-à-dire que les machines sont disposées dans la séquence dans laquelle la matière première sera utilisée. Ce type d'agencement est choisi pour une production continue, c'est-à-dire impliquant un flux continu de matières en cours de fabrication vers l'étape du produit fini.

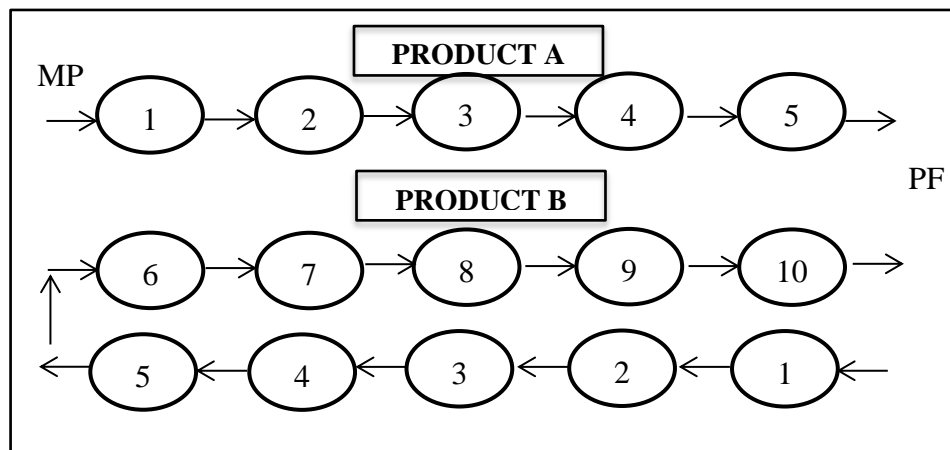


Figure 15 : Disposition orientée Produit

### 7 - 2 - 1 Avantages de la disposition orientée produit

- ⇒ Moins d'espace requis pour le même volume de production.
- ⇒ Moins d'encours et temps de cycle réduit.
- ⇒ Meilleure coordination, planification et contrôle simples de la production.
- ⇒ Flux de travail fluide et continu.



### 7 - 2 - 2 Inconvénients de la disposition orientée produit (Par rapport à la disposition orientée processus)

- ⇒ la flexibilité est considérablement réduite.
- ⇒ Le rythme ou le taux de travail dépend du taux de sortie de la machine la plus lente. Cela implique un temps d'inactivité excessif pour les autres machines si la ligne de production n'est pas correctement équilibrée.
- ⇒ Les machines étant dispersées le long de la ligne, il faut acheter plus de machines de chaque type pour en garder quelques-unes en attente, car si une machine de la ligne tombe en panne, cela peut entraîner l'arrêt de la ligne de production complète. C'est ainsi que la disposition des produits implique des investissements en capital plus élevés.
- ⇒ Il est difficile d'augmenter la production au-delà des capacités des lignes de production.

### 7 - 3 Disposition combinée

Cette disposition combine les avantages des deux types précédents. De plus, de nos jours, les présentations de produits ou de processus purs sont rares. La plupart des sections de fabrication sont disposées selon un schéma de processus avec des lignes de fabrication dispersés. Une conception combinée est possible lorsqu'un article est fabriqué dans différents types et tailles [17].

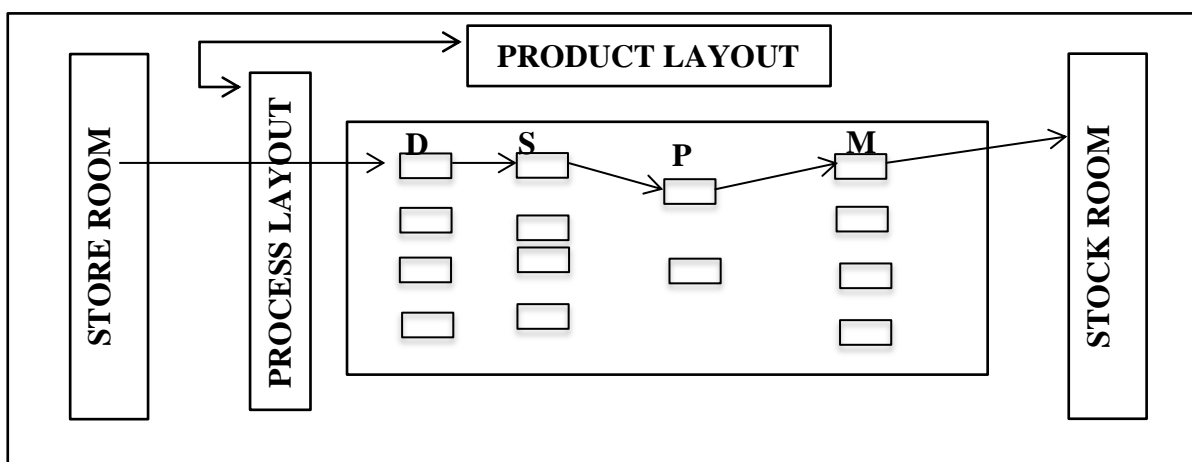


Figure 16 : Disposition combinée

Dans de tels cas, les machines sont disposées selon une configuration de processus, mais le groupement de processus (un groupe de plusieurs machines similaires) est ensuite organisé en séquence pour fabriquer différents types et tailles de produits. Le point à noter est que, peu importe que le produit varie en taille et en type, la séquence des opérations reste identique ou similaire.

### 7 - 4 Disposition fixe

La disposition par position fixe du produit est inhérente à la construction navale, à la fabrication d'avions et à la fabrication de grands réservoirs sous pression. Dans d'autres types d'agencements discutés précédemment, le produit passe devant un équipement de production stationnaire, alors que dans le cas d'une disposition fixe, les opérateurs et les équipements sont déplacés vers le produit qui reste à un endroit précis jusqu'à sa finalisation.

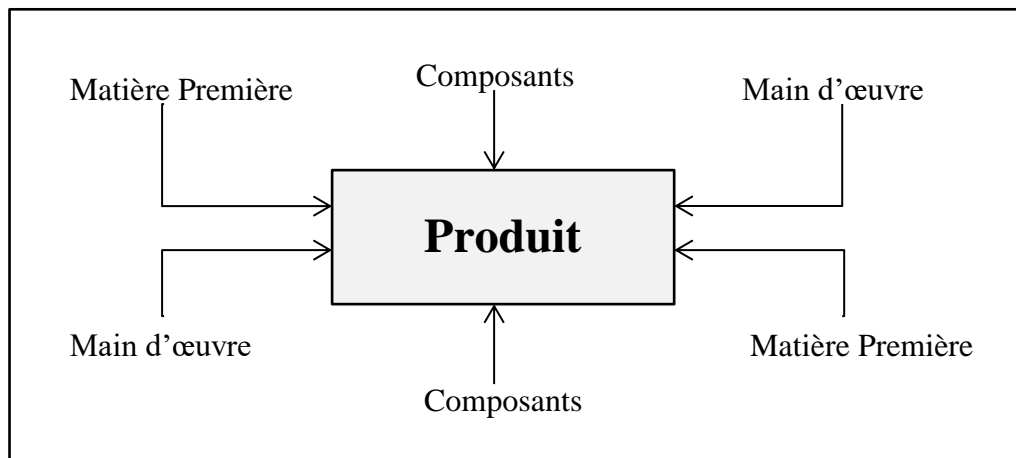


Figure 17 : Disposition fixe

#### 7 - 4 - 1 Avantages de la disposition fixe

- ⇒ Mouvements minimes des matériaux.
- ⇒ Il y a une flexibilité maximale pour toutes sortes de changements dans le produit et le processus.
- ⇒ Un certain nombre de projets assez différents peuvent être réalisés avec la même disposition.

#### 7 - 4 - 2 Inconvénients de la disposition fixe

- ⇒ Une faible utilisation de la main-d'œuvre et de l'équipement.
- ⇒ Des coûts élevés de maintenance de l'équipement.

De nombreuses techniques ont été développées pour la conception des installations, la plupart se concentrent sur la minimisation des flux et des distances. Parmi les méthodes les plus utilisées la méthode **SLP**<sup>14</sup>. Cette technique donne généralement de bons résultats. Cependant, ses performances peuvent être médiocres en terme d'applicabilité car les allées et les impasses sont généralement ignorées. Nous allons par la suite présenter l'approche **SLP** et la procédure de son application.

## 8 - L'approche SLP

L'approche de la planification systématique (SLP) a été développée par **Muther** [14] en 1961. L'application de l'approche SLP transfère les solutions des problèmes de conception des installations d'une analyse qualitative indépendante ou d'une analyse quantitative à une analyse qualitative et quantitative combinée. De plus, l'approche SLP pourrait prendre en compte non seulement les facteurs logistiques mais aussi les facteurs non logistiques dans les opérations de l'atelier. L'approche SLP comprend cinq éléments: le produit (P), la quantité (Q), le routage (R), les services de support (S) et le temps (T) [18].

## 9 - Procédure de la méthode SLP

La procédure SLP est constituée par des étapes bien définies [19] :

### 9 - 1 L'analyse Produit-Quantité

C'est un processus d'identification de divers produits en définissant leurs types et leurs quantités.

### 9 - 2 Analyse des Flux

Cette étape consiste à analyser le flux de matière par un diagramme de processus dans le cas d'un seul produit ou d'un diagramme de processus multi-produits.

### 9 - 3 From-To Chart

Une matrice qui montre des données quantitatives sur le flux de matières par enregistrement de la distance et de la fréquence des mouvements entre différentes paires de départements.

---

<sup>14</sup> Systematic Layout Planning

### 9 - 4 Activity Relationship chart

Le diagramme de relation d'activité également appelé diagramme d'analyse d'affinité. «C'est un graphique des relations d'activité (ARC<sup>15</sup>), un moyen affichant la cote de proximité entre toutes les activités ou tous les services. En général, 6 notes de proximité sont utilisées :A, E, I, O, U et X. » [20].

Ces notes ont une signification spécifique :

- A absolument nécessaire.
- E particulièrement important.
- I important.
- Ordinaire.
- U t sans importance.
- X indésirable.

L'objectif fondamental du diagramme est de rapprocher les départements qui sont importants les uns pour les autres et de réduire le temps de cycle en minimisant les flux.

## Conclusion

Facilities layout design est un élément important des opérations globales d'une entreprise, à la fois en terme de maximisation de l'efficacité des processus de production et pour répondre aux différentes exigences des employés.

Pour qu'une organisation dispose d'une unité de fabrication efficace et efficiente, il est important qu'une attention particulière soit accordée au **facilities design**, pour cela les spécialistes font recours à la **méthode SLP** qui est largement utilisée dans les études au cours des dernières décennies.

Nous allons voir dans la partie suivante l'application des méthodes du facilities design pour résoudre la problématique de notre projet.

---

<sup>15</sup> Activity Relationship Chart

## **SECTION 2: LE SYSTEME DE PRODUCTION DE CONCEPT SAC**

---

Section  
**2**

## **Le Système de Production de CONCEPTSAC**

## 1 - Introduction

Dans ce mémoire, l'étude de cas se fait pour l'entreprise **CONCEPT SAC-MASCARA**, spécialisée dans la production des sacs tissés pour emballages agroalimentaire. Le contexte de l'entreprise sera brièvement discuté, il couvre le profil de l'entreprise, sa structure organisationnelle, sa disposition actuelle ainsi que son processus de fabrication et ses politiques.

La portée sera limitée à la disposition des machines de production, la détermination des moyens de manutention ainsi que les espaces de stockages. Pour le faire, des outils tels que les matrices des flux, les matrices des distances, les diagrammes de relations seront utilisés pour générer des alternatives.

Nous allons dans un premier temps, identifier les données collectées de l'entreprises pour pouvoir calculer les objectifs et les capacités de production de toutes les machines, ensuite, nous allons définir les espaces de stockages des différents matériaux et calculer leurs capacités. Nous allons aussi définir les moyens de manutention qui peuvent être utilisés pour transporter les produits aux différentes stations de l'usine.

## 2 - Présentation de l'organisme d'accueil

**CONCEPTSAC**, est une entreprise algérienne spécialisée dans la production de sac en plastique tissé. L'entreprise a été créé en 2015, s'étalant sur un site de 19 770,00 m<sup>2</sup>, elle est implantée à Mascara, avec une estimation de capacité de production de 30 Millions de sacs /an.

### 2 - 1 Activité de l'entreprise

L'activité principale de **CONCEPTSAC** est la fabrication de sacs en plastique tissés laminés et non laminés. sa mission est de satisfaire sa clientèle très exigeante en matière d'emballage.

L'entreprise va adopter une démarche marketing et commerciale où tout est focalisé autour de la demande client, c'est-à-dire la satisfaction et la fidélisation de la clientèle en recherchant l'excellence de la qualité des produits.

## 2 - 2 Fiche Technique :

**Projet :** Unité de production de WOVEN BAGS (procèdes de tissage)

**Superficie du projet :** 19 770,00 m<sup>2</sup>

**Montant de l'infrastructure :** 195 000 000,00 DA

**Montant des équipements :**

- 1ere ligne : 239 000 000,00 Da

**Consistance de projet :** 2 lignes de production

**Capacité de production :**

- **1ere ligne :** 30 000 000 unités/ an
- **2eme ligne :** 60 000 000 unités / an

**Ressources humaines :**

- 1ere ligne : 80 employés directs + 15 employés indirects
- 2eme ligne : 130 employés directs + 40 employés indirects

**Débouchés du produit**

- Marché local : 70%
- Marché régional : 30 %

## 3 - Les machines utilisées dans La productions des sacs tissés

- ⇒ L'Extrudeuse.
- ⇒ Loom Circulaire.
- ⇒ Machine de Lamination.
- ⇒ Machine d'impression (2 différents types) :
  - « Machine d'impression pièce par pièce et Machine d'impression par Rouleau ».
- ⇒ Machine de découpe et couture (2 types) :
  - « Machine de couture sans enveloppe et une machine avec enveloppe ».

## 4 - Les séquences d'opération principales

Comme nous avons vu dans la première partie, la fabrication de sacs tissés comprend 5 cinq grandes phases : Extrusion et filature, Tissage, Lamination, impression et couture.

Pour plus de détails voir (Partie- I section 3).

## 5 - Dimensions et Surface de chaque département (Machine)

Tableau 1 : Dimensions et Surfaces des machines de l'entreprise

Machine	Dimensions (mm)	Surface (m <sup>2</sup> )
Extrudeuse	48000×5500×2000	264
Loom Circulaire 850X6	10100×2800×2950	28,28
Loom circulaire 2000X8	16000×3750×4200	60
Lamination	12000×9850×3300mm	118,2
Impression par Rouleau	8000×2500×2000mm	20
Impression pièce par pièce	5000×1500×1400	7,5
Découpe & Couture	5500×4200×1400	23,1
Découpe couture avec enveloppe	5500×4200×1400	23,1
Emballage	1600×850×2250	13,6

Cette section sera divisée en deux séquences, dans la première séquence nous allons calculer les objectifs et les capacités de production de toutes les machines pour définir le nombre nécessaire que l'entreprise devra fournir.

Nous allons dans la deuxième séquence s'intéresser au système de stockage en définissant les stocks, leurs dimensionnements ainsi que leurs capacités

### Séquence 1 : Calcul des capacités de production

Toute unité avec une diversité de machines et équipements de production a besoin de connaître et définir sa capacité. Ceci est indispensable sur les plans stratégiques et décisionnels car cela permet à l'organisation de définir ses limites et ses opportunités en terme de compétitivité.

**Nota bene : L'entreprise envisage d'atteindre la production de  
30 000 000 sacs par an avec une production journalière de  
100 000 sac/jour**



## 1 - Calculs des objectifs de production

Nous allons calculer dans ce qui suit les objectifs de production, et déterminer la capacité de production de chaque machine ainsi que le nombre de machine nécessaire pour chaque type.

Il faut savoir que l'entreprise compte produire différents types de sacs :

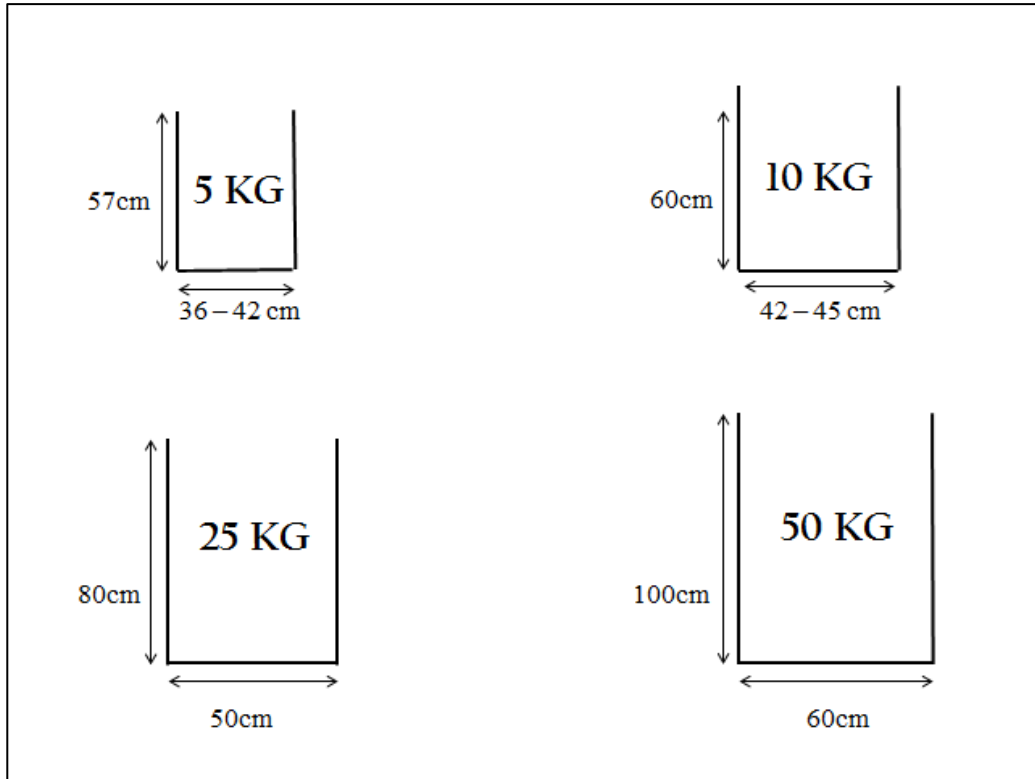


Figure 18 : Les différentes gammes de Sacs Tissés

### 1 - 1 Objectif de production de la machine de couture

**Nota bene :** Nous allons faire nos calculs, en nous basant sur les produits le plus fabriqués par l'unité, « Le Sac de 50kg ».

$$\text{Le nombre de produits fabriqués} = \frac{\text{Le nombre de produits désirés}}{1 - \text{Taux de Rebuts}} \quad (1)$$

L'unité CONCEPTSAC souhaite produire 100 000 sacs/jours, sachant que la machine possède un taux de rebuts de 5%.

$$\text{Le nombre de produits fabriqués} = \frac{100\,000}{1 - 0,05}$$

$$\text{Le nombre de sacs fabriqués} = 105\,263 \text{ sacs}$$

Nous allons exprimer la quantité de sacs en mètres puis en rouleaux, car la machine précédente « celle de l'impression » fonctionne en Rouleaux sachant que :

Le sac est d'un mètre de longueur :  $105\,263 \times 1\text{m} = 105\,263\text{ m}$

Le rouleau est de 5500 m :  $\frac{105\,263}{5500} = 19,13$  Rouleaux

### 1 - 2 Objectif de production de la machine d'impression

La quantité de rouleaux obtenue de la machine de couture est la même quantité produite dans la machine d'impression, sachant que la machine d'impression possède un taux de rebuts de 4%.

En utilisant l'équation (1) :

$$\text{Le nombre de produits fabriqués} = \frac{19,13}{1 - 0,04}$$

Le nombre de rouleaux fabriqués = 19,93 rouleaux

### 1 - 3 Objectif de production de la machine de lamination

Avec un taux de rebuts de 3%

Selon l'équation (1) :

$$\text{Le nombre de produits fabriqués} = \frac{19,93}{1 - 0,03}$$

Le nombre de rouleaux fabriqués = 20,55 rouleaux

### 1 - 4 Objectif de production de la machine de tissage

La machine de tissage possède un taux de rebuts de 4%

En appliquant l'équation (1) :

$$\text{Le nombre de Produits fabriqués} = \frac{20,55}{1 - 0,04}$$

Le nombre de rouleaux fabriqués = 21,40 rouleaux

Nous devons exprimer les rouleaux en bobines car la matière première de la machine de tissage est les bobines de fil ,qui donnent avec un procédé particulier les rouleaux tissés.

Pour avoir des sacs de 50kg, il faut produire des rouleaux de 60 cm de largeur. Le rouleau de 5500 m comporte en totalité 324 bobines de fil.

Le nombre de produit est de  $21,4 \times 324 = 6936,56$  bobines

### 1 - 5 Objectif de production de la machine extrudeuse

Le taux de rebut de l'extrudeuse est de 2%

En utilisant l'équation (1) :

$$\text{Le nombre de produits fabriqués} = \frac{6936,56}{1 - 0,02}$$

Le nombre de produits fabriqués = 7078,12 bobines

Tableau 2 : Les Objectifs de Production de l'entreprise

Machines	Quantités désirées	Taux de rebut	Quantités Produites	Exprimé en sac	Exprimé en m	Exprimé en rouleau	Exprimé en bobine
<b>M. Couture</b>	100 000	5%	105263,1579	105263,1579	105263,1579	19,13875598	-
<b>M.Impression</b>	19,13875598	4%	19,93620415	-	-	19,93620415	-
<b>M.Lamination</b>	19,93620415	3%	20,55278778	-	-	20,55278778	-
<b>M. Tissage</b>	20,55278778	4%	21,40915394	-	-	21,40915394	6936,565876
<b>M.Extrusion</b>	6936,565876	2%	7078,128445	-	-	-	7078,128445

## 2 - Calculs des Capacités de Productions

### 2 - 1 La capacité de production de l'extrudeuse

Comme nous avons vu précédemment, l'extrudeuse est La station conçue pour la production de bobines de fils à travers la transformation de la matière première Polypropylène et carbonate de calcium en un produit profilé long comme le montre la figure ci-dessous.



Figure 19 : Bobine de fil



Figure 20 : Remplissage de bobines

### 2 - 1 - 1 Les données techniques de la machine d'extrusion

- Consommation matière première : 750 kg /h
- Vitesse maximale : 450 m/min
- Taux d'utilisation de la machine = 75%
- Taux de rebuts = 2%
- Nombre de bobines = 264 bobines

#### Informations sur la bobine de fil :

- Longueur de fil : 13000 m
- Largeur de la bobine: 3mm
- Poids =900 denier (900 g/9000m) =>  $\frac{13000 \times 900}{9000} = 1300\text{g}$

### 2 - 1 - 2 Exploitation des données

⇒ La vitesse de l'extrudeuse

$$v = \frac{\text{Vitesse max} \times \text{taux d'utilisation}}{100} \quad (2)$$

$$\text{Vitesse} = \frac{450 \times 75}{100} = 337.5\text{m/min}$$

⇒ Temps de traitement de 264 bobines

$$t = \frac{\text{la longueur du fil de la pièce}}{\text{la vitesse de la machine}} \quad (3)$$

$$\text{temps de traitement} = \frac{13000}{337.5} = 38.5\text{min}$$

⇒ La capacité de production de la machine

$$\text{Capacité} = \frac{24\text{h} \times 60\text{min}}{\text{temps de traitement d'une pièce}} \quad (4)$$

$$\text{Capacité extrudeuse} = \frac{24\text{h} \times 60\text{min}}{0,145} = 9863,01 \text{ bobines}$$

⇒ Le nombre de machines nécessaires

$$\text{Nombre de machines nécessaires} = \frac{\text{quantité produite}}{\text{capacité de la machine}} \quad (5)$$

$$\text{Nombre de machines nécessaires} = \frac{7078,12}{9863,01} = 0,71 \text{ machines}$$

Puisqu'une machine est indivisible, On optera pour **une machine**, donc l'entreprise aura besoin **que d'une seule extrudeuse**.

## 2 - 2 La capacité de production de la machine de tissage

Cette machine consiste à tisser circulairement les bobines de fil de chaîne et de trame pour donner naissance à un rouleau de toile tissée comme le montre la figure ci-dessous :



Figure 22 : Rouleaux tissés

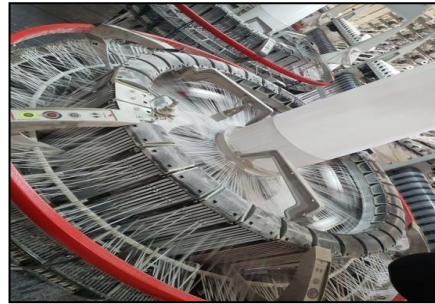


Figure 21 : Unité de tissage

## 2 - 3 Les Données techniques de la machine de Tissage

- Nombre de navettes : 6
- Nombre de bobines de chaîne : 576
- Vitesse de la navette : 1080 rpm
- Taux d'utilisation de la machine = 75%
- Taux de rebuts = 4%

### Informations sur les Rouleaux :

- Longueur: 5500 m
- Largeur du rouleau : 360~600mm tout dépend du sac
- Densité = (32/10cm) où (34/10cm)

## 2 - 4 Exploitation des données

⇒ La vitesse de Loom

$$\text{Vitesse de Loom} = \frac{\text{Nombre de pics}}{\text{La densité}} \quad (6)$$

$$V = 3\text{m}/\text{min}$$

La vitesse de la machine avec un taux de 75%  $\rightarrow V = \frac{3 \times 75}{100} = 2,25 \text{ m/min}$

$\Rightarrow$  **Temps de traitement d'un rouleau**

En appliquant l'équation (3) :

$$\text{temps de traitement} = \frac{5500}{2,25 \times 60} = 40,74 \text{ heures}$$

$\Rightarrow$  **La capacité de production de la machine**

Selon l'équation (4) :

$$\text{Capacité Loom} = \frac{24\text{h}}{40} = 0,6 \text{ Rouleaux}$$

$\Rightarrow$  **Le Nombre de machines nécessaires**

Selon l'équation (5) :

$$\text{Nombre de machines nécessaires} = \frac{21,4}{0,6} = 35,66$$

L'entreprise aura besoin de 36 Loom circulaire pour pouvoir atteindre la capacité de production souhaitée.

## 2 - 5 La capacité de production de la machine Lamination

La machine de lamination est la station dans laquelle les rouleaux tissés seront laminés avec une couche de polypropylène afin d'avoir une bonne qualité d'impression, une très bonne étanchéité ainsi qu'une meilleure protection du produit.



Figure 23 : Rouleau tissé laminé

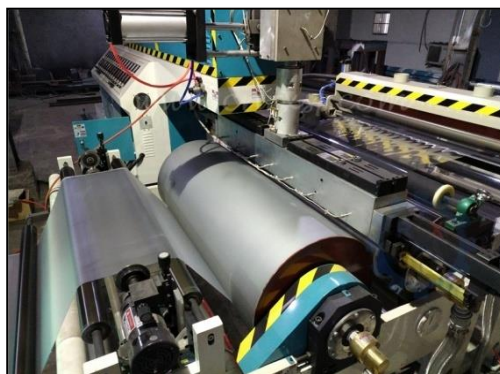


Figure 24 : Unité de lamination

### 2 - 5 - 1 Les données techniques de la machine de Lamination

- Vitesse maximale : 220 m/min
- Taux d'utilisation de la machine : 75%
- Taux de rebuts = 3%

#### Informations sur les bobines tissées :

On peut avoir trois types de lamination selon la demande des clients :

- Lamination lisse
- Lamination martelée
- Lamination perforée

### 2 - 5 - 2 Exploitation des données :

⇒ **La vitesse de la machine de Lamination :**

En appliquant L'équation (2) :

$$\text{Vitesse} = \frac{220 \times 75}{100} = 165 \text{m/min}$$

⇒ **Temps de traitement d'une pièce :**

En Utilisant l'équation (3) :

$$\text{temps de traitement} = \frac{5500}{165} = 33,33 \text{min}$$

⇒ **La capacité de production de la machine**

Selon l'équation (4) :

$$\text{Capacité M. Lamination} = \frac{24 \text{h} \times 60 \text{min}}{33,33} = 43,2 \text{ Rouleaux}$$

⇒ **Le Nombre de machines nécessaires**

En appliquant l'équation (5) :

$$\text{Nombre de machines nécessaires} = \frac{20,55}{43,2} = 0,47 \text{ machines}$$

Puisqu'une machine est indivisible, On optera pour **1 machine**, donc l'entreprise aura besoin **que d'une seule machine de Lamination**

## 2 - 6 La capacité de production de la machine d'impression

Cette machine permet d'imprimer sur le rouleau tissé des motifs et des designs choisis selon des couleurs souhaitées par le client pour la personnalisation du produit.



Figure 25 : Impression par rouleau



Figure 26 : Impression pièce par pièce

### 2 - 6 - 1 Les données techniques de la machine d'impression

- Vitesse maximale : 150 m/min
- Taux d'utilisation de la machine : 75%
- Taux de rebuts = 4%

### 2 - 6 - 2 Exploitation des données

⇒ **La vitesse de la machine D'impression**

En utilisant l'équation (2) :

$$\text{Vitesse} = \frac{150 \times 75}{100} = 112,5 \text{ m/min}$$

⇒ **Temps de traitement d'une pièce**

Selon L'équation (3) :

$$\text{temps de traitement} = \frac{5500}{112,5} = 48,88 \text{ min}$$

⇒ **La capacité de production de la machine**

En utilisant l'équation (4) :

$$\text{Capacité M. Lamination} = \frac{24\text{h} \times 60\text{min}}{48,88} = 29,45 \text{ Rouleaux}$$



⇒ **Le Nombre de machines nécessaires**

Selon l'équation (5) :

$$\text{Nombre de machines nécessaires} = \frac{19,36}{24,45} = 0,79 \text{ machines}$$

L'entreprise aura besoin **que d'une seule machine d'impression**

## 2 - 7 La capacité de production de la machine de Couture

Une fois le rouleau tissé est placé dans la machine il sera déroulé, découpé selon les dimensions souhaitées et ensuite cousu.



Figure 26 : Sac cousu



Figure 27 : Opération de découpe / couture

### 2 - 7 - 1 Les données de La machine de couture

- Vitesse maximale : 36 sacs/min
- Taux d'utilisation de la machine : 75%
- Taux de rebuts = 5%

### 2 - 7 - 2 Exploitation des données

⇒ **La vitesse de la machine de couture**

La vitesse de la machine est donnée par : Vitesse = 30 Sacs /min

⇒ **Temps de traitement d'une pièce**

En appliquant l'équation (3)

Nombre de sac dans un rouleau 5500m est de 5500 sacs

$$\text{temps de traitement} = \frac{5500}{30} = 183,33 \text{min} = 3 \text{ heures}$$

⇒ **La capacité de production de la machine**

Le nombre de produits fabriqué par la machine en une journée est :

$$36 \times 0,75 \times 60\text{min} \times 24 = 38\,880 \text{ pièces}$$

⇒ **Le nombre de machines nécessaires**

Selon l'équation (5) :

$$\text{Nombre de machines nécessaires} = \frac{105\,263}{38\,880} = 2,7$$

L'entreprise aura besoin de **trois machines de couture**.

## Récapitulons tout ce qu'on vient de calculer dans le tableau suivant

Tableau 3 : Capacités et nombres des machines de l'entreprise

<b>Machine</b>	<b>Capacité de production (24h)</b>	<b>Nombre machines</b>
<b>Extrudeuse</b>	9869 Bobines	1
<b>LoomCirculaire 850X6</b>	0,589 Rouleaux	36
<b>Lamination</b>	43,2Rouleaux	1
<b>Impression par Rouleau</b>	29,45 Rouleaux	1
<b>Découpe &amp; Couture</b>	38880 sacs	3

## Séquence 2 : Calcul des capacités de Stockage

Après avoir calculer les capacités de production des machines ainsi que le nombre de machines nécessaires pour chaque type, nous allons nous intéresser dans ce qui suit aux différents espaces de stockage.

Pour une entreprise, les **stocks** représentent les biens achetés, transformés ou à vendre à un moment donné ,le stock représente de manière habituelle, l'ensemble des biens qui interviennent dans le cycle d'exploitation de l'entreprise ou qui peuvent être vendus.

Pour le système de stockage de l'entreprise CONCEPT SAC, nous avons opté pour un système de stockage intermédiaire pour éviter les goulots d'étranglement .

Dans le processus de production de sac tissés, les stocks sont utilisés à plusieurs niveaux. De ce fait, on peut en distinguer différents types :

- a. Stock de Matière première.
- b. Stock de Produit en cours de fabrication.
- c. Stock de Produit Finis prêt à être vendu.

## 1 - Stockage de la Matière Première

La production des sacs tissés nécessite comme matière première le polypropylène et le carbonate de calcium en granulé, qui sont fournis en sacs ayant un poids de 25kg, les sacs sont stockés généralement sur des palettes, sachant que la palette peut contenir jusqu'à 55 sacs comme le montrent les figures (28, 29) :



Figure 28 : Matière Première PP



Figure 29 : Matière première CaCO<sub>3</sub>

### 1 - 1 Calculs de la capacité de stockage de la MP<sup>16</sup>

Nous avons défini une surface de 216m<sup>2</sup> pour stocker les 2 types de matières premières en palettes, sachant que la matière première est livrée en conteneur, le conteneur contient 16 palettes.

Les dimensions de l'espace de stockage de la MP : **L= 18m l=12m**

La dimension d'une palette : **L= 1,2m l=0,8m**

Pour calculer le nombre de palettes qui peuvent être stockées dans cet espace, il suffit de diviser la longueur de l'espace de stockage sur la longueur de la palette et la largeur de l'espace de stockage sur la largeur de la palette.

$$\text{Nombre de palette en longueur} \rightarrow \frac{18}{1,2} = 15$$

$$\text{Nombre de palette en largeur} \rightarrow \frac{12}{0,8} = 15$$

Le nombre total de palettes est de  $15 \times 15 = 225$  palettes

Donc le stock de matières premières peut contenir jusqu'à 14 conteneur  $\equiv 225$  palettes

<sup>16</sup> Matière Première

## 2 - Stockage des Produits semi Finis

### 2 - 1 Stockage de la bobine de fil

Les bobines de fils sont obtenues à travers la transformation de la MP lors de l'extrusion, elles sont considérées comme l'élément d'entrée pour la machine suivante 'le Loom circulaire'.

Nous avons remarqué que l'extrudeuse est la machine motrice du système, elle peut atteindre une capacité de production de 300 bobines par heure d'où la nécessité de concevoir un espace de stockage pour stocker les bobines.

Nous avons proposé à l'entreprise de placer les looms sur une mezzanine, notre objectif est de disposer le maximum de machines sur cette mezzanine en prenant en compte les allées et les impasses, donc nous avons pensé à un stockage en étagères pour faciliter la manutention et surtout gagner en terme de temps et de distance.

Dimension d'un seul espace de stockage : L=6,071 m ; l=50cm ; h=3m .

Dimension de l'étagère : L= 150 cm ; l=50cm ; h=30cm

Dimension de la bobine : L=22cm ; l=10cm.

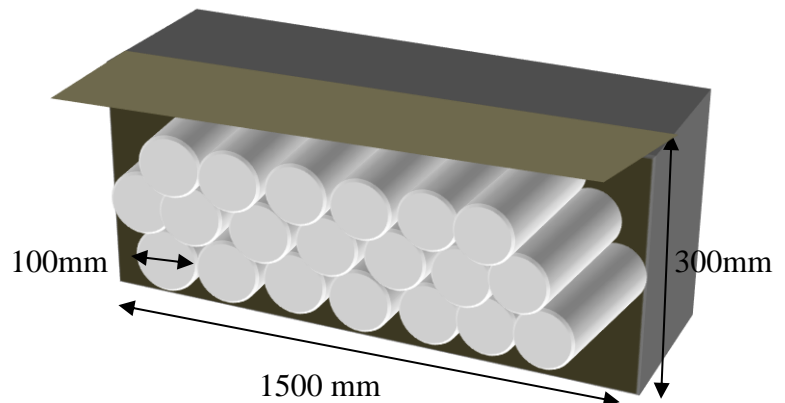


Figure 30 : Illustration de stockage de bobines de fil en étagères

Sur les 85 m, nous avons 14 espaces de stockage d'une largeur de 6,071m, nous avons pensé à placer dans chaque espace 4 étagères en horizontal et 6 étagères en vertical.

#### 2 - 1 - 1 Calcul de la capacité de stockage de bobine de fil

⇒ Le nombre de bobines que peut supporter une étagère

Nombre de bobines en longueur :  $\frac{1,4}{0,1} = 14$  bobines

Nombre de bobines en largeur :  $\frac{0,5}{0,2} = 2$  bobines

Nombre de bobines en hauteur :  $\frac{0,3}{0,1} = 3$  bobines

Donc chaque étagère pourra comporter jusqu'à  $14 \times 3 \times 2 = 84$  bobines

⇒ **Le nombre de bobines dans un seul espace de stockage**

capacité de stockage d'une seule étagère  $\times 4 \times 6 = 2016$  bobines

Sur la totalité de l'espace disponible (85m), il suffit de multiplier la capacité de stockage d'un seul espace en 14 (14 espaces similaires disponibles) :

$$2016 \times 14 = 28224 \text{ bobines}$$

⇒ **La capacité de stock en terme de production de l'extrudeuse**

La capacité de production de l'extrudeuse est de 7869 bobines /jours

$$\frac{28224}{7869} = 3,5$$

La capacité de stock représente la production de l'extrudeuse en 3 jours

## 2 - 2 Stockage de Rouleaux tissés

Nous avons pensé à placer un stock intermédiaire entre les loom circulaires et la machine de lamination pour stocker les rouleaux tissés, ce stock sera placé sous la mezzanine.

### 2 - 2 - 1 Calcul de la capacité de stockage des rouleaux tissés

Nous avons défini une surface de  $216\text{m}^2$  pour stocker les rouleaux tissés de différents tailles et poids .

⇒ Les dimensions de l'espace de stockage de la MP : **L= 18m l=12m**

⇒ La dimension d'un rouleau en moyenne : **L= 0,6m l=1m**

Pour calculer le nombre de rouleaux qui peuvent être stockés dans cet espace, il suffit de diviser la longueur de l'espace de stockage sur la longueur du rouleau et la largeur de l'espace de stockage sur la largeur du rouleau.

⇒ Nombre de rouleaux en longueur →  $\frac{10\text{m}}{0,6} = 16$  Rouleaux

⇒ Nombre de rouleaux en largeur →  $\frac{12\text{m}}{1\text{m}} = 12$  Rouleaux

⇒ Le nombre total de rouleaux est de  $16 \times 12 = \mathbf{192 \text{ Rouleaux}}$

Donc le stock des rouleaux tissés peut contenir jusqu'à 192 Rouleaux

### 3 - Stockage des produits finis

Une fois que les rouleaux tissés sont laminés, imprimés découpés puis cousus, le sac est obtenu. Les sacs sont contrôlés puis emballés en palettes (100miles sacs par palettes) pour être livrés au client.

Pour ceci, nous avons pensé à un espace de stockage de produits finis très réduit puisque le stockage de ces derniers est temporaire.

### Conclusion

Pour réussir à bien se positionner dans une industrie en pleine mutation, les chefs d'entreprises sont amenés à suivre de près le fonctionnement de leur processus de production à travers des indicateurs. Parmi ces derniers, **la capacité de production du système**, Cet indicateur permet à l'entreprise d'estimer son potentiel de production et ses performances théoriques afin d'améliorer sa productivité.

Nous avons aussi remarqué que pour qu'une organisation industrielle puisse satisfaire les besoins de ses clients, un autre indicateur important s'impose qui est le **dimensionnement et le calcul des capacités** des stocks afin d'assurer le niveau de service requis.

Après avoir calculer les capacités de production des machines ainsi que les capacités des différents espaces de stockage , nous allons étudier dans la section suivante la disposition des machines et des aires de stockage dans l'atelier de production.

**SECTION 3: ETUDE DE LA DISPOSITION**

---

Section  
**3**

**Etude de la disposition**

## Introduction

Dans une entreprise, il existe une multitude de flux physiques, la maîtrise de ces flux est un facteur clé de performance industrielle. Elle permet d'accroître à la fois la productivité de l'entreprise, d'améliorer son image, d'assurer la sécurité des travailleurs, de réduire les coûts (d'approvisionnement, de fabrication et de distribution) et d'améliorer ses délais.

Nous allons dans cette partie présenter l'atelier de production de l'entreprise tout en indiquant les différentes données, les contraintes relatives à cet effet et les instructions données par l'organisme d'accueil, nous allons ensuite proposer des alternatives dont on définira les flux et les distance afin de déterminer la configuration la plus optimale.

### 1 - Layout actuel

L'entreprise dispose d'un atelier de production de **2550 m<sup>2</sup>** de superficie, avec une mezzanine déjà construite, trois issues de **6m** de largeur et un poste de contrôle de **36m<sup>2</sup>** comme le montre les figure ci- dessous.

Toutes les opérations « extrusion, tissage, lamination, impression et confection » seront effectuées dans cet atelier dans lequel des zones de stockages seront dédiées pour stocker les différents matériaux.

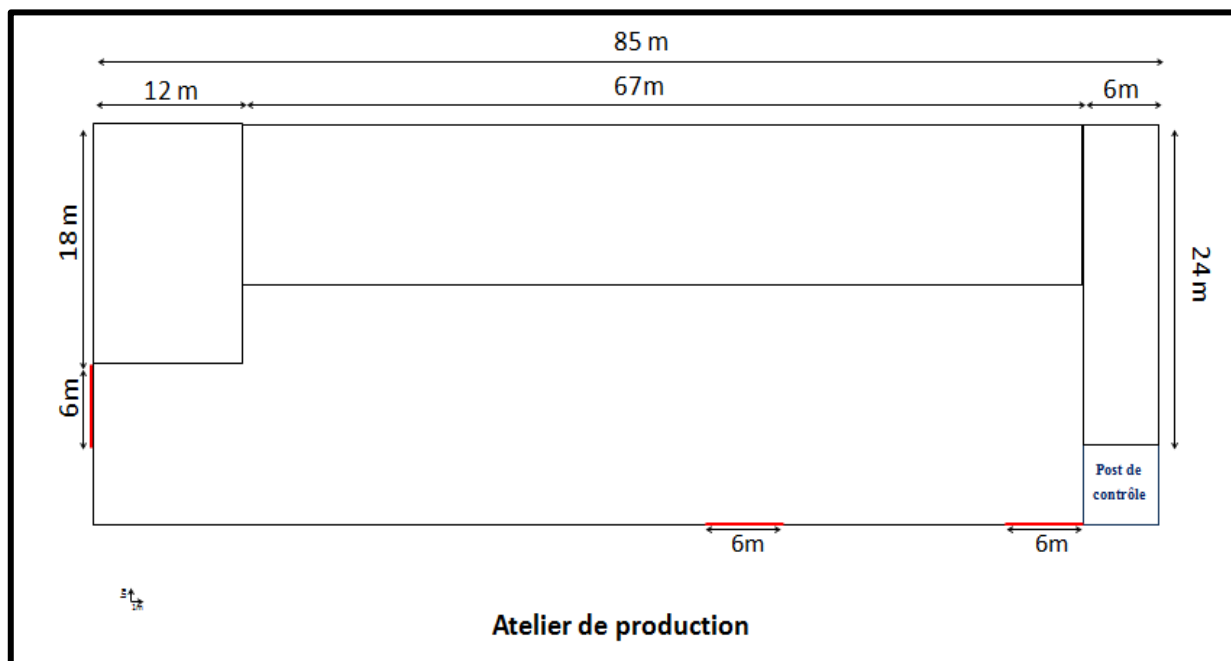


Figure 31 : Plan de l'atelier de Production



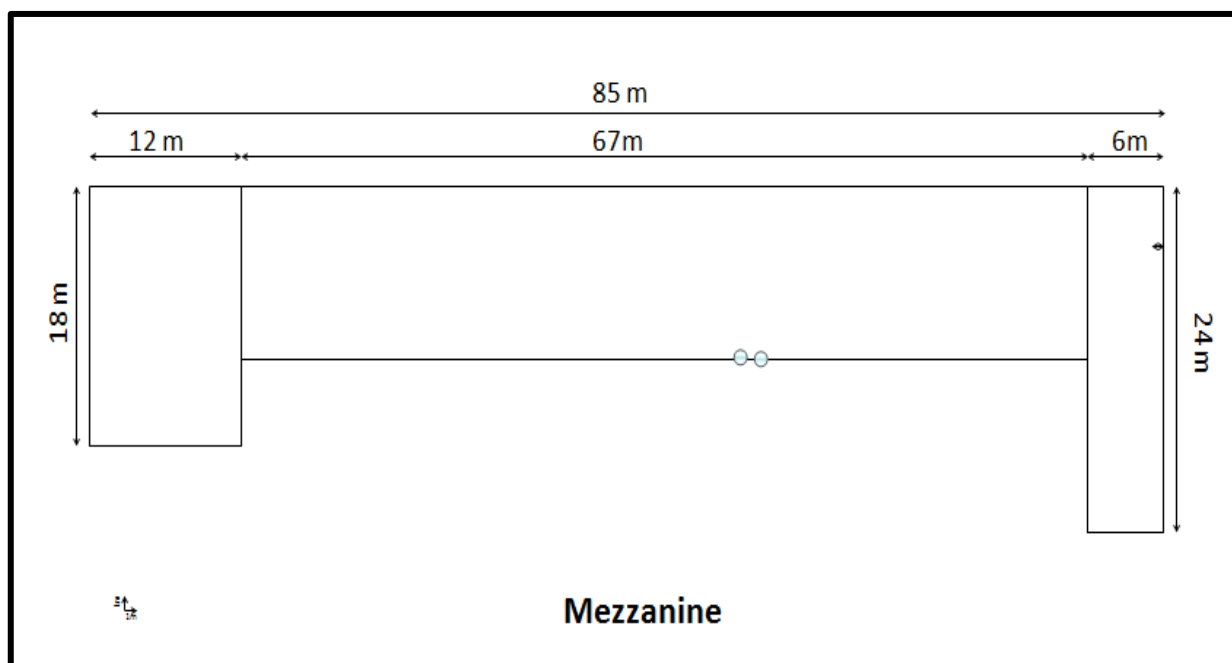


Figure 32 : Plan de la Mezzanine

## 2 - Contraintes

Pour faire l'étude de la conception de l'usine, diverses contraintes sont rencontrées :

- Utilisation inefficace de l'espace disponible à cause de la mezzanine déjà construite.
- Nécessité de disposer le maximum de loom sur la mezzanine.
- Différents types de produits donc différents routages.
- Nécessité d'isoler les machines d'impression dans un atelier « impression ».

## 3 - Méthodologie de travail

Afin d'établir une conception efficace et efficiente. Nous allons définir dans un premier temps les relations entre les différents départements pour pouvoir générer des alternatives qui tiennent en compte les différentes contraintes posées.

Par ailleurs, nous allons calculer les flux pour chaque configuration proposée tout en indiquant les distances entre les différents départements.

### 4 - Les relations entre les machines

Les diverses relations entre les différents départements de l'entreprise CONCEPTSAC sont définies par le diagramme suivant :

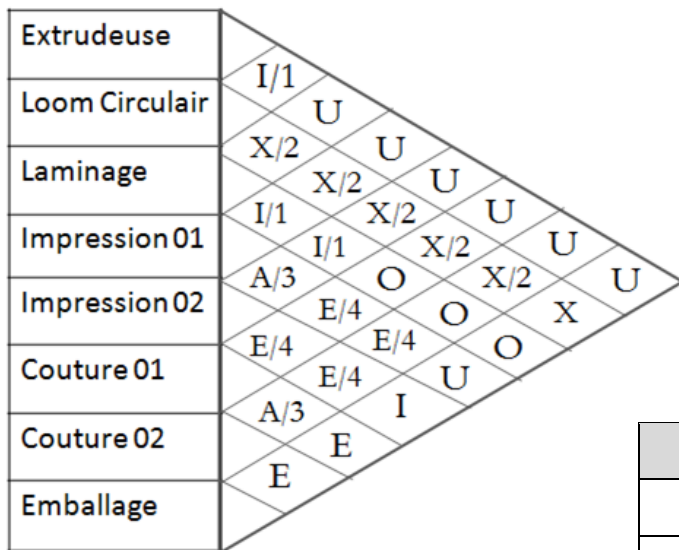


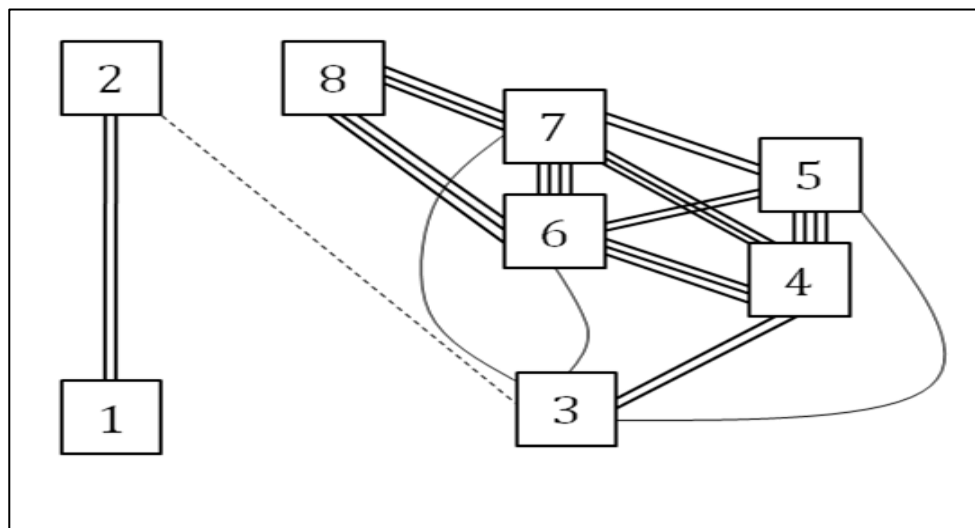
Figure 33 : Relationship chart

Tableau 4 : Les codes utilisés pour l'ARC

Code	Raison
1	Flux Matière
2	Prévention
3	Condition
4	Facilité de manutention

Lettre	Description
A	Absolument important
E	Très important
I	Important
O	Ordinaire
U	Sans importance
X	Indésirable

### 5 - Relationship diagramme



Extrudeuse	1
Loom	2
Lamination	3
Impression 1	4
Impression 2	5
Couture 1	6
Couture 2	7
Emballage	8

Figure 34 : Relationship Diagramme

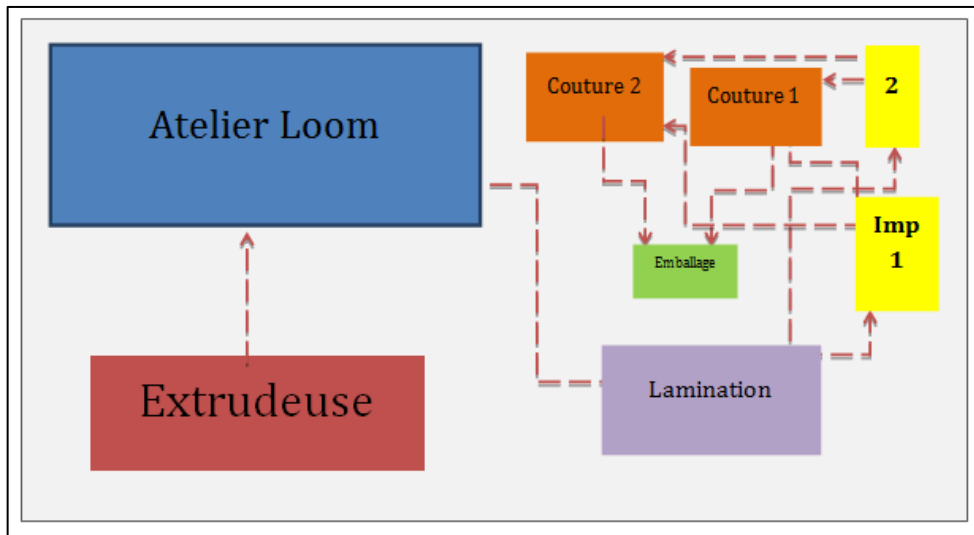


Figure 35 : Space relationship diagram

Nous allons essayer à partir du diagramme obtenu de proposer quelques alternatives tout en minimisant les flux et les distances entre les machines.

## 6 - Les alternatives proposées

### 6 - 1 Etude de la disposition au Sol

#### 6 - 1 - 1 Première alternative

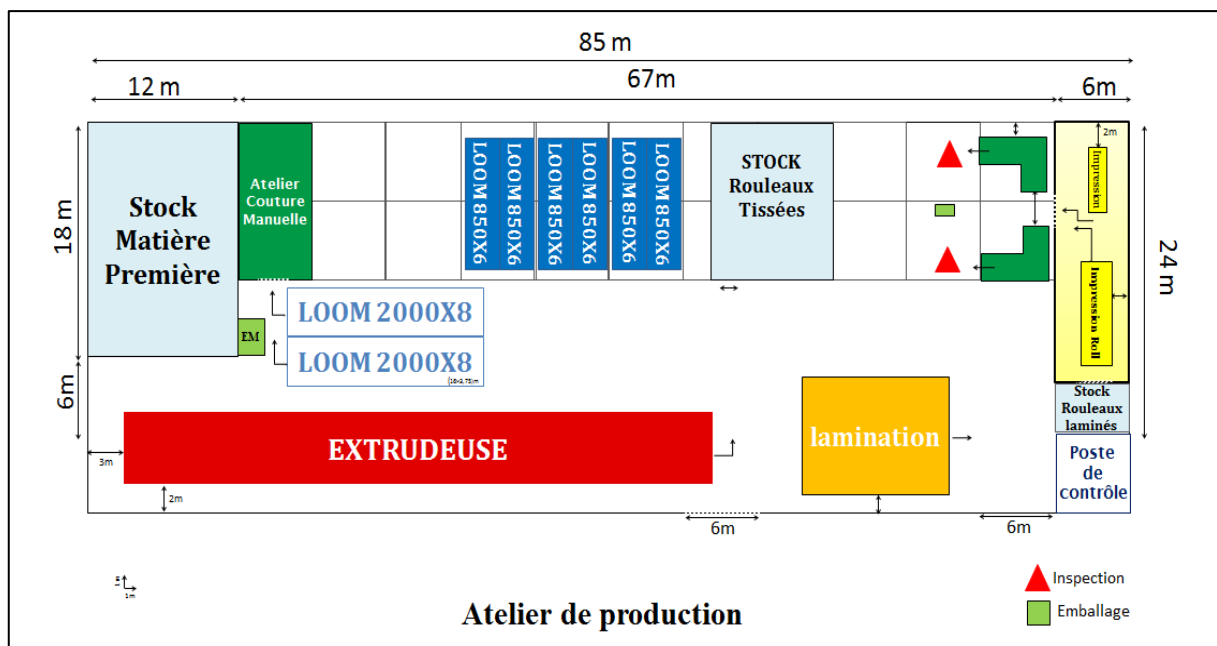


Figure 36 : Première alternative

## Clarification

Commençons par la machine motrice du système « l'extrudeuse », nous étions contraint de la disposer à cet endroit précisément (voir la figure-36) et ce, pour plusieurs raisons : ses grandes dimensions (48m de longueur), la présence des piliers au-dessous de la mezzanine et l'existence de sorties très proches.

Pour lancer la production, la machine aura évidemment besoin de la matière première d'où la nécessité d'un stockage pour alimenter cette dernière, donc nous avons opté pour la mise en place du stock à l'endroit indiqué dans la figure ci-dessus afin de minimiser les flux et réduire les temps de cycles.

Pour la machine de lamination, nous avons en premier lieu, prévu de la mettre sous la mezzanine mais sa hauteur ainsi que sa largeur ne le permettaient pas, donc nous avons décidé de la placer à l'endroit indiqué dans la figure.

Nous avons été confrontés à une autre contrainte que nous a imposée l'entreprise, nous demandant de concevoir un atelier dédié à l'impression et isolé du système de production pour des raisons de sécurité et d'esthétique.

Comme nous l'avons vu précédemment l'opération qui suit l'impression est l'opération de couture, par conséquent, nous avons disposé l'atelier de couture en adjacence avec l'atelier d'impression pour minimiser les déplacements et gagner en termes de temps et de distance. Finalement, nous avons disposé la machine d'emballage à proximité des machines de couture pour minimiser les distances de déplacement.

Dans cette configuration, nous avons opté pour **un système de stockage intermédiaire** vu que les machines du système ont des capacités de production différentes. « Un stock pour stocker les rouleaux tissés, placé sous la mezzanine » et « Un stock pour stocker les rouleaux laminés adjacent à l'atelier d'impression ».

### 6 - 1 - 2 Deuxième alternative

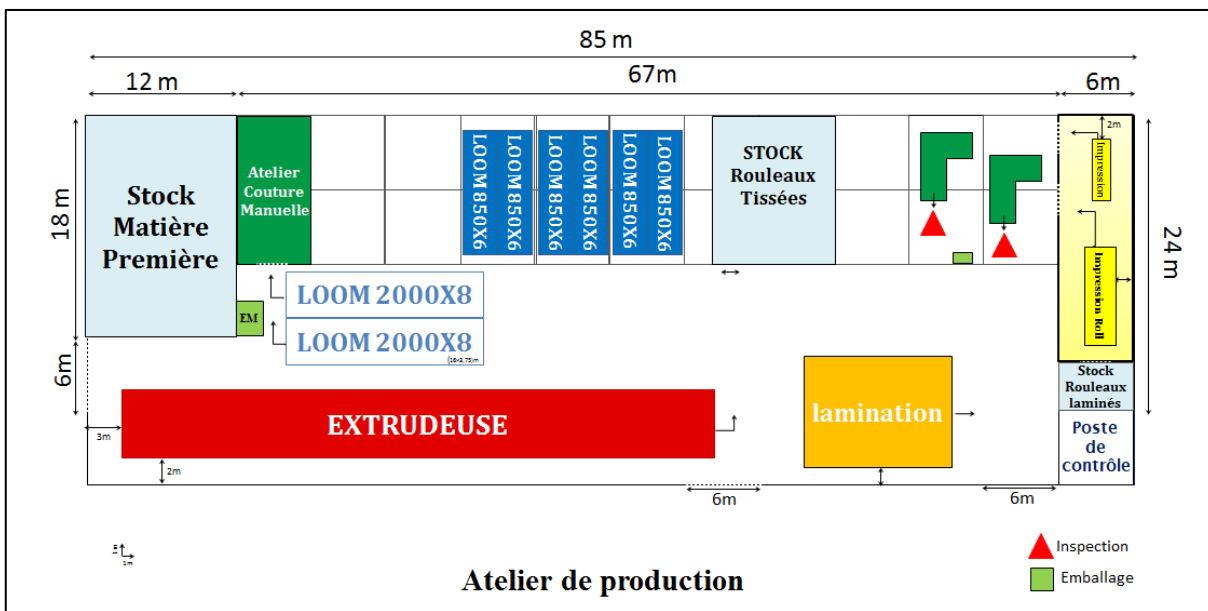


Figure 37 : Deuxième Configuration

#### Clarification

Pour cette deuxième proposition, nous n’avons pas fait de grands changements au niveau des premiers départements, le changement a été fait au niveau de l’atelier de couture : nous avons changé la disposition des deux machines en proposant de les mettre en parallèle et en ajoutant une autre sortie de l’atelier d’impression et ceci dans le but de minimiser les distances entre les machines.

### 6 - 1 - 3 Troisième alternative

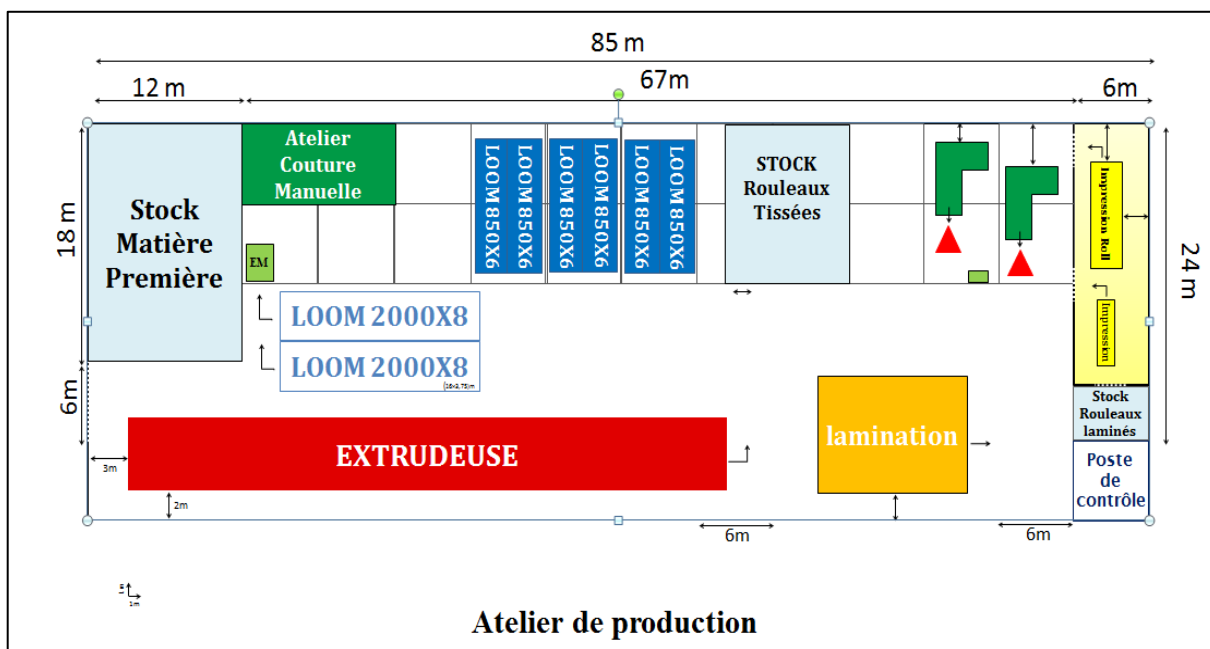


Figure 38 : Troisième Proposition

### Clarification

Pour la troisième alternative, le changement a été fait au niveau de l'atelier d'impression. Nous avons inversé la disposition des deux machines, nous avons rapproché la machine d'impression par rouleaux aux machines de couture car c'est la machine avec laquelle l'unité travaille souvent. (La machine d'impression pièce par pièce est utilisée pour les petites commandes).

#### 6 - 1 - 4 Quatrième alternative

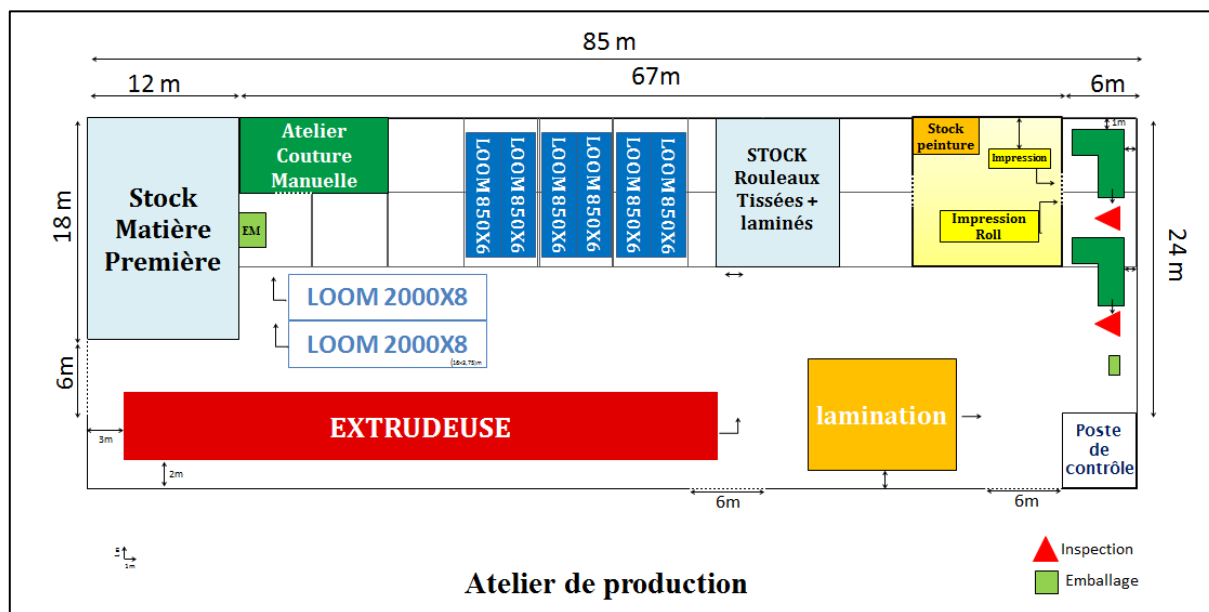


Figure 39: Quatrième Proposition

Lors de la dernière proposition, nous avons alterné entre les deux départements « Impression et couture », nous avons disposé l'atelier d'impression sous la mezzanine just à côté du stock pour faciliter la manutention (le stock contient les rouleaux tissés et les rouleaux laminés).

L'atelier de couture a été placé à l'endroit indiqué proche de la sortie de l'atelier de production pour faciliter la manutention et le transport des produits finis palettisés.

#### 6 - 2 Etude de la disposition sur la mezzanine

Passons maintenant à l'étude de la disposition des machines sur la mezzanine. Comme nous avons vu auparavant, il existe 36 machines de tissage dont le maximum devrait être placé sur la mezzanine (voir la figure 40).

Nous sommes arrivés à disposer 29 machines de tissage sur la mezzanine, tout en laissant des espaces d'un mètre sur les extrémités gauches et droites et un espace de passage au milieu de

1,5 mètres pour faciliter la manutention des bobines de fil vers le stock que nous prévoyons mettre derrière les machine ( voir figure 30 PartieII-Section2 ) .

### 6 - 2 - 1 Disposition Sur la Mezzanine

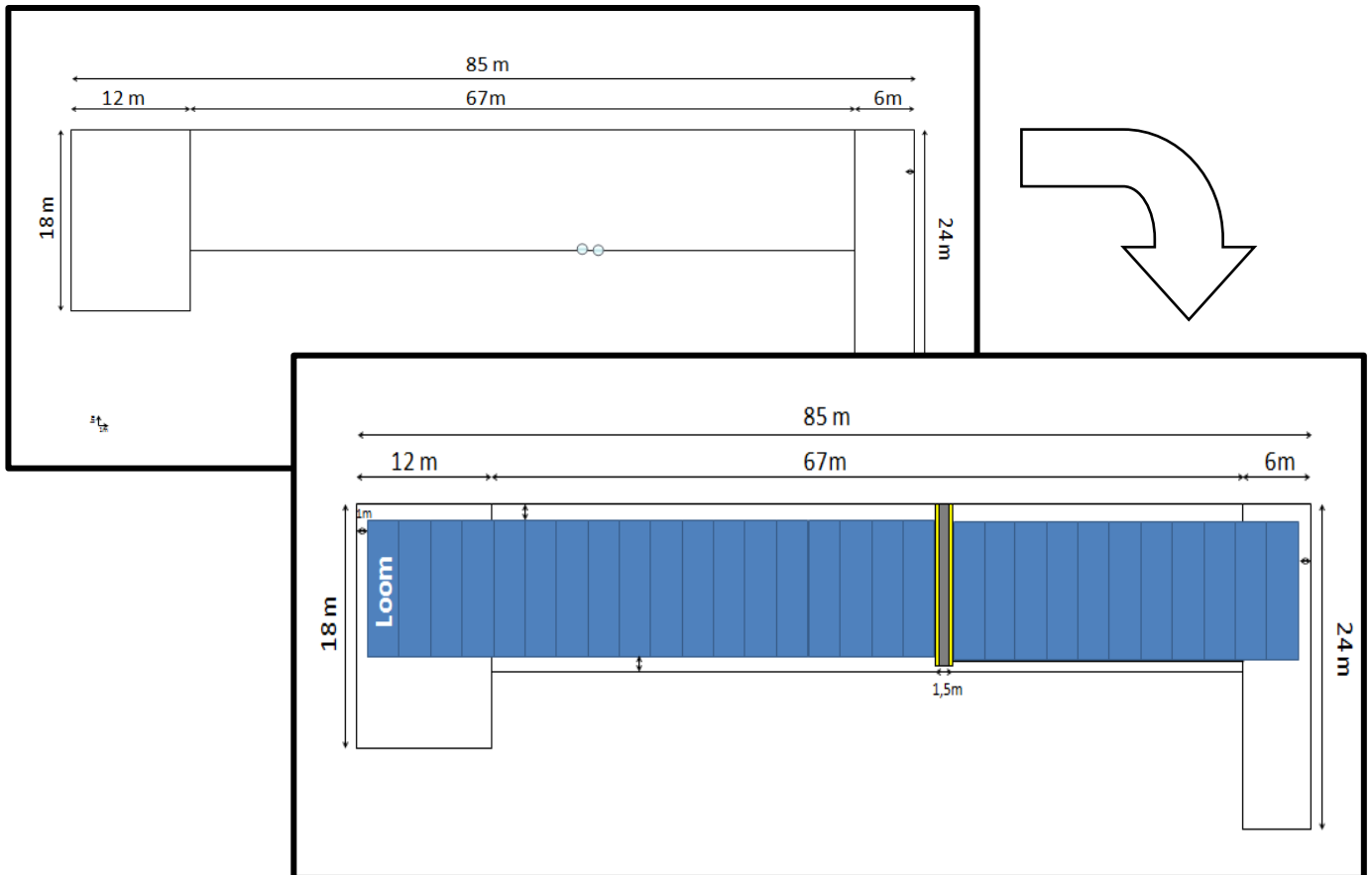


Figure 40 : Disposition des loom sur la Mezzanine

#### Calcul de nombre de Loom maximal à disposer sur la mezzanine

$$85 - \underbrace{2 - 1,5}_{\text{Clearance}} = 81,5\text{m} \quad \text{Sachant que la machine est de 2,8 m de largeur}$$

$$\text{Donc } \frac{81,5}{2,8} = 29 \text{ machines}$$

## 7 - Evaluation des alternatives

### 7 - 1 Calcul des Flux et distances

Pour pouvoir déterminer la configuration la plus optimale, nous allons d'abord calculer la matrice des flux ainsi que la matrice des distances pour chaque configuration.

Pour les trois premières alternatives le flux de matière est comme suit :

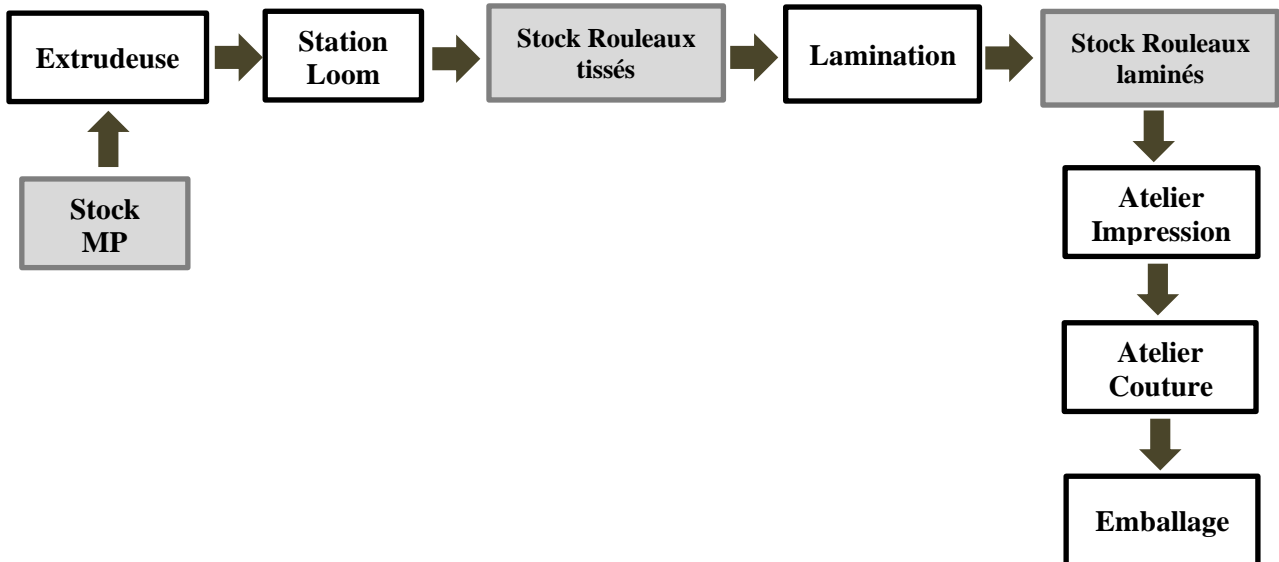


Figure 41 : Le flux de matière pour les trois premières dispositions proposées

### 7 - 1 - 1 Calcul des Flux

#### Stock Matière première → Station Extrudeuse

Le flux entre le stock de la MP et la station extrudeuse est le nombre de déplacements effectués en une journée, pour le calculer, nous devons calculer la consommation de la matière première.

La consommation de la MP à une vitesse maximale de 450m/min est de 750kg/h.

Avec une vitesse de 337,5m/min, la consommation est de 562.5 kg/h, sachant que la MP est composée de 10% de Carbonate de calcium et 90% de PP

- ⇒ La consommation du Polypropylène est de 506,25kg/h
- ⇒ La consommation du Carbonate de calcium est de 56,25kg/h

En 24heures :

- ⇒ La consommation du Polypropylène est de 12150 kg/h ≡ 9 palettes de PP
- ⇒ La consommation du Carbonate de calcium est de 1350 kg/h ≡ 1 palette de CaCO<sub>3</sub>

Sachant que Le poids d'une palette de matière première est de 1375kg

D'où le nombre de déplacements en 24 heures est de **10 déplacements**



**Stock Station Extrudeuse → Station Loom:**

L'extrudeuse produit 264 bobines chaque 38,5 min en moyenne, donc nous avons un déchargement toutes les 38,5 min.

En 24 heures :

$$\frac{24 \times 60}{38,5} = 37,4 \text{ déchargements}$$

D'où le nombre de déplacements en 24 heures est de **38 déplacements**.

**Stock Station Loom → Stock Rouleaux tissés:**

La station loom contient 36 machines, le temps de tissage d'un rouleau est de 40 heures

En 24 heures :

$$\frac{24 \times 36}{40} = 21,6$$

D'où le nombre de déplacements est **21 déplacements**.

**Stock Rouleaux tissés → Machine de Lamination :**

La machine de lamination possède une vitesse de production de 165 m/min, un rouleau est de 5500 m de longueur.

En 24 heures :

$$\frac{24 \times 60 \times 165}{5500} = 43,2 \text{ rouleaux}$$

D'où le nombre de déplacements est **43,2 déplacements**.

**Machine de lamination → Stock de Rouleaux tissés :**

La quantité de rouleaux produits par la machine de lamination est transportée vers le stock des rouleaux tissés.

Le nombre de déplacements est **43,2 déplacements**.

**Stock de Rouleaux laminés → Machine d'impression :**

La machine d'impression a une vitesse de production de 135 m/min, un rouleau est de 5500 m de longueur.

En 24 heures :

$$\frac{24 \times 60 \times 135}{5500} = 35,34 \text{ rouleaux}$$

D'où le nombre de déplacements est **35,34 déplacements.**

**Machine d'impression → Machine de couture :**

La machine de couture a une vitesse de production de 30 sacs /min.

En 24 heures :

$$\frac{24 \times 60 \times 30}{5500} = 7,85 \text{ rouleaux}$$

D'où le nombre de déplacements est **7,85 déplacements.**

**Machine de couture → Machine d'emballage :**

La machine d'emballage emballe 100 000 unités à la fois, si on suppose que la machine de couture fabrique 43200 sacs (30×60×24).

$$\frac{100\ 000}{43200} = 2,31 \text{ déplacements}$$

**La matrice des flux pour la trois premières alternatives est donnée par :**

D'après les calculs faits précédemment, la matrice des flux pour les trois premières alternatives est donnée par (**flux en 8heures**) :

$$F1 = \begin{pmatrix} & S.MP & EXT & Loom & S.R.T & Lami & S.R.L & Imp1 & imp2 & Cout1 & Cout2 & Emb \\ S.MP & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ EXT & 4 & 0 & 13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Loom & 0 & 13 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S.R.T & 0 & 0 & 6 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Lami & 0 & 0 & 0 & 14 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S.R.L & 0 & 0 & 0 & 0 & 14 & 0 & 12 & 12 & 0 & 0 & 0 \\ Imp1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 \\ Imp2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 \\ Cout1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 0 & 2 \\ Cout2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 0 & 2 \\ Emb & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

Tel que :

- S.MP → Stock matières premières
- EXT → L'extrudeuse
- Loom → la station des loom qui comporte 36 machines
- S.R.T → Stock rouleaux tissés
- Lami → Machine de lamination
- S.R.L → Stock rouleaux laminés
- Imp1 → Machine d'impression par rouleaux
- Imp2 → Machine d'impression pièce par pièce
- Cout 1 → Machine de couture (sans enveloppe)
- Cout 2 → Machine de couture (avec enveloppe)
- Emb → Machine d'emballage

Pour la dernière alternative le flux de matière diffère légèrement du précédent, le stock des rouleaux laminés a été supprimé, nous avons mis un seul stock pour stocker les différents rouleaux (tissés et laminés).

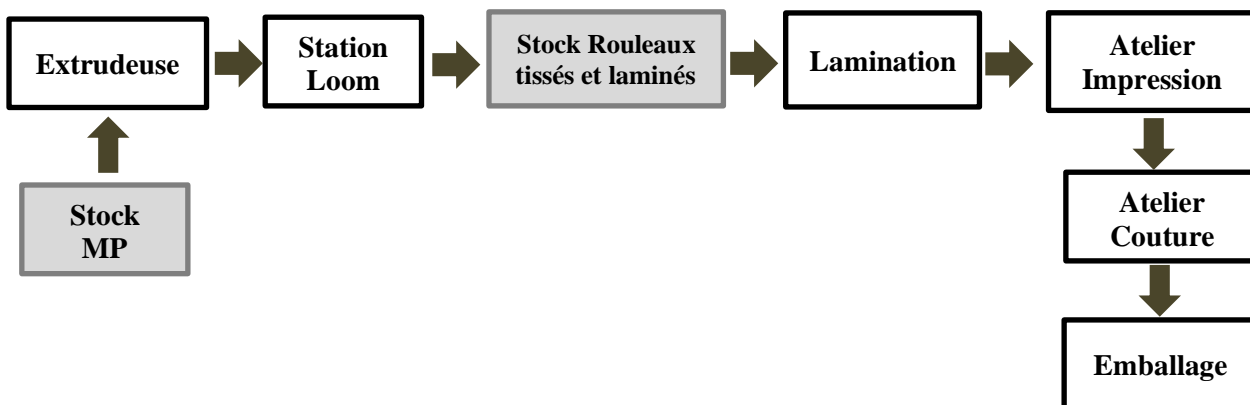


Figure 43 : Le flux de matière pour la 4<sup>ème</sup> disposition proposée

La matrice des flux de la dernière alternative est donnée par :

$$F2 = \begin{pmatrix} . & S.MP & EXT & Loom & S.R.T.l & Lami & Imp1 & imp2 & Cout1 & Cout2 & Emb \\ S.MP & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ EXT & 4 & 0 & 13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Loom & 0 & 13 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S.R.T.l & 0 & 0 & 6 & 0 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Lami & 0 & 0 & 0 & 14 & 0 & 12 & 12 & 0 & 0 & 0 \\ Imp1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 \\ Imp2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 \\ Cout1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 0 & 2 \\ Cout2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 3 & 0 & 0 & 2 \\ Emb & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

### 7 - 1 - 2 Calcul des Distances

**Matrice des distances de la première alternative :**

$$D1 = \begin{pmatrix} \cdot & \text{S.MP} & \text{EXT} & \text{Loom} & \text{S.R.T} & \text{Lami} & \text{S.R.L} & \text{Imp1} & \text{imp2} & \text{Cout1} & \text{Cout2} & \text{Emb} \\ \text{S.MP} & 0 & 16 & - & - & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{EXT} & 16 & 0 & 42.5 & - & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{Loom} & - & 42,5 & 0 & 37.5 & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{S.R.T} & - & - & 37,5 & 0 & 18 & - & - & - & - & - & - \\ \text{Lami} & - & - & - & 18 & 0 & 11.5 & 0 & 0 & - & - & - \\ \text{S.R.L} & - & - & - & - & 11,5 & 0 & 3.5 & 21 & - & - & - \\ \text{Imp1} & - & - & - & - & 0 & 3,5 & 0 & 9 & 3.3 & 5 & - \\ \text{Imp2} & - & - & - & - & 0 & 21 & 9 & 0 & 4 & 5 & - \\ \text{Cout1} & - & - & - & - & - & - & 3,3 & 4 & 0 & 7 & 3 \\ \text{Cout2} & - & - & - & - & - & - & 5 & 5 & 7 & 0 & 3 \\ \text{Emb} & - & - & - & - & - & - & - & - & 3 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

**Matrice des distances de la deuxième alternative :**

$$D2 = \begin{pmatrix} \cdot & \text{S.MP} & \text{EXT} & \text{Loom} & \text{S.R.T} & \text{Lami} & \text{S.R.L} & \text{Imp1} & \text{imp2} & \text{Cout1} & \text{Cout2} & \text{Emb} \\ \text{S.MP} & 0 & 16 & - & - & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{EXT} & 16 & 0 & 42.5 & - & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{Loom} & - & 42,5 & 0 & 37.5 & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{S.R.T} & - & - & 37,5 & 0 & 18 & - & - & - & - & - & - \\ \text{Lami} & - & - & - & 18 & 0 & 11.5 & - & - & - & - & - \\ \text{S.R.L} & - & - & - & - & 11,5 & 0 & 11 & 3.7 & - & - & - \\ \text{Imp1} & - & - & - & - & - & 11 & 0 & 2.5 & 6 & 16 & - \\ \text{Imp2} & - & - & - & - & - & 3,7 & 2,5 & 0 & 4 & 10 & - \\ \text{Cout1} & - & - & - & - & - & - & 6 & 4 & 0 & 7 & 3.5 \\ \text{Cout2} & - & - & - & - & - & - & 16 & 10 & 7 & 0 & 3 \\ \text{Emb} & - & - & - & - & - & - & - & - & 3,5 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

**Matrice des distances de la troisième alternative :**

$$D3 = \begin{pmatrix} \cdot & \text{S.MP} & \text{EXT} & \text{Loom} & \text{S.R.T} & \text{Lami} & \text{S.R.L} & \text{Imp1} & \text{imp2} & \text{Cout1} & \text{Cout2} & \text{Emb} \\ \text{S.MP} & 0 & 16 & - & - & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{EXT} & 16 & 0 & 42.5 & - & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{Loom} & - & 42,5 & 0 & 37.5 & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{S.R.T} & - & - & 37,5 & 0 & 18 & - & - & - & - & - & - \\ \text{Lami} & - & - & - & 18 & 0 & 11.5 & - & - & - & - & - \\ \text{S.R.L} & - & - & - & - & 11,5 & 0 & 11 & 3.7 & - & - & - \\ \text{Imp1} & - & - & - & - & - & 11 & 0 & 2.5 & 4 & 9.5 & - \\ \text{Imp2} & - & - & - & - & - & 3,7 & 2,5 & 0 & 9 & 16 & - \\ \text{Cout1} & - & - & - & - & - & - & 4 & 9 & 0 & 7 & 3.5 \\ \text{Cout2} & - & - & - & - & - & - & 9,5 & 16 & 7 & 0 & 3 \\ \text{Emb} & - & - & - & - & - & - & - & - & 3,5 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

**Matrice des distances de la quatrième alternative :**

$$D4 = \begin{pmatrix} \cdot & \text{S. MP} & \text{EXT} & \text{Loom} & \text{S. R. T} & \text{Lami} & \text{Imp1} & \text{imp2} & \text{Cout1} & \text{Cout2} & \text{Emb} \\ \text{S. MP} & 0 & 16 & - & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{EXT} & 16 & 0 & 42.5 & - & - & - & - & - & - & - \\ \text{Loom} & - & 42,5 & 0 & 37.5 & - & - & - & - & - & - \\ \text{S. R. T} & - & - & 37,5 & 0 & 18 & - & - & - & - & - \\ \text{Lami} & - & - & - & 18 & 0 & 15.5 & 22 & - & - & - \\ \text{Imp1} & - & - & - & - & 15,5 & 0 & 5 & 2.3 & 6.2 & - \\ \text{Imp2} & - & - & - & - & 22 & 5 & 0 & 7.6 & 1.3 & - \\ \text{Cout1} & - & - & - & - & - & 2,3 & 7,6 & 0 & 9 & 2.6 \\ \text{Cout2} & - & - & - & - & - & 6,2 & 1,3 & 9 & 0 & 1.2 \\ \text{Emb} & - & - & - & - & - & - & - & 2,6 & 1,2 & 0 \end{pmatrix}$$
**7 - 2 Produits des Matrices Flux×Distances**

Après avoir calculé la matrice des flux et la matrice des distances pour chaque configuration, nous allons calculer le produit des deux matrices ( $F_i \times D_i$ ).

**Configuration n°1**

$$F1 \times D1 = \begin{pmatrix} \cdot & \text{S. MP} & \text{EXT} & \text{Loom} & \text{S. R. T} & \text{Lami} & \text{S. R. L} & \text{Imp1} & \text{imp2} & \text{Cout1} & \text{Cout2} & \text{Emb} \\ \text{S. MP} & 64 & 0 & 170 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{EXT} & 0 & 616,5 & 0 & 487,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{Loom} & 208 & 0 & 815 & 0 & 126 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{S. R. T} & 0 & 297,5 & 0 & 514,5 & 0 & 161 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{Lami} & 0 & 0 & 525 & 0 & 413 & 0 & 49 & 294 & 0 & 0 & 0 \\ \text{S. R. L} & 0 & 0 & 0 & 252 & 0 & 455 & 108 & 108 & 87,6 & 120 & 0 \\ \text{Imp1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 138 & 0 & 66,9 & 279 & 21 & 21 & 18 \\ \text{Imp2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 138 & 0 & 66,9 & 279 & 21 & 21 & 18 \\ \text{Cout1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 73,5 & 27 & 27 & 27,9 & 36 & 0 \\ \text{Cout2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 73,5 & 27 & 27 & 27,9 & 36 & 0 \\ \text{Emb} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 16,6 & 18 & 14 & 14 & 12 \end{pmatrix}$$
**Configuration n°2**

$$F2 \times D2 = \begin{pmatrix} \cdot & \text{S. MP} & \text{EXT} & \text{Loom} & \text{S. R. T} & \text{Lami} & \text{S. R. L} & \text{Imp1} & \text{imp2} & \text{Cout1} & \text{Cout2} & \text{Emb} \\ \text{S. MP} & 64 & 0 & 170 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{EXT} & 0 & 616,5 & 0 & 487,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{Loom} & 208 & 0 & 815 & 0 & 126 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{S. R. T} & 0 & 297,5 & 0 & 514,5 & 0 & 161 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{Lami} & 0 & 0 & 525 & 0 & 413 & 0 & 154 & 51,8 & 0 & 0 & 0 \\ \text{S. R. L} & 0 & 0 & 0 & 252 & 0 & 337,4 & 30 & 30 & 120 & 288 & 0 \\ \text{Imp1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 138 & 0 & 192 & 86,4 & 21 & 21 & 19,5 \\ \text{Imp2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 138 & 0 & 192 & 86,4 & 21 & 21 & 19,5 \\ \text{Cout1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 44,1 & 7,5 & 7,5 & 37 & 78 & 0 \\ \text{Cout2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 44,1 & 7,5 & 7,5 & 37 & 78 & 0 \\ \text{Emb} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 40 & 28 & 14 & 14 & 13 \end{pmatrix}$$

**Configuration n°3**

.	S.MP	EXT	Loom	S.R.T	Lami	S.R.L	Imp1	imp2	Cout1	Cout2	Emb
S.MP	64	0	170	0	0	0	0	0	0	0	0
EXT	0	616,5	0	487,5	0	0	0	0	0	0	0
Loom	208	0	815	0	126	0	0	0	0	0	0
S.R.T	0	297,5	0	514,5	0	161	0	0	0	0	0
Lami	0	0	525	0	413	0	154	51,8	0	0	0
S.R.L	0	0	0	252	0	337,4	30	30	156	306	0
Imp1	0	0	0	0	138	0	172,5	119,4	21	21	19,5
Imp2	0	0	0	0	138	0	172,5	119,4	21	21	19,5
Cout1	0	0	0	0	0	44,1	7,5	7,5	46	82,5	0
Cout2	0	0	0	0	0	44,1	7,5	7,5	46	82,5	0
Emb	0	0	0	0	0	0	27	50	14	14	13

**Configuration n°4**

.	S.MP	EXT	Loom	S.R.T.L	Lami	Imp1	imp2	Cout1	Cout2	Emb
S.MP	64	0	170	0	0	0	0	0	0	0
EXT	0	616,5	0	487,5	0	0	0	0	0	0
Loom	208	0	815	0	126	0	0	0	0	0
S.R.T.L	0	297,5	0	514,5	0	217	308	0	0	0
Lami	0	0	525	0	702	60	60	118,8	90	0
Imp1	0	0	0	216	0	211,5	290,7	27	27	43,8
Imp2	0	0	0	216	0	211,5	290,7	27	27	43,8
Cout1	0	0	0	0	112,5	15	15	34,9	24,9	0
Cout2	0	0	0	0	112,5	15	15	34,9	24,9	0
Emb	0	0	0	0	0	17	17,8	18	18	29,2

**7 - 3 Calculs de la Fonction Objectif**

Pour déterminer la quelle des configurations est la plus optimale, nous avons calculé la Fonction objectif selon les étapes suivantes :

- ⇒ Calculer la somme de chaque ligne pour chaque matrice.
- ⇒ Calculer la somme des éléments de la nouvelle colonne.
- ⇒ la plus petite valeur correspondra à la configuration la plus optimale.

**Nota bene** : Nous tenons à préciser que les calculs matriciels ont été effectués avec Microsoft Excel.

7 - 3 - 1 Pour la 1<sup>ère</sup> alternative

	stock MP	Extrudeuse	loom	S.R.T	laminage	S.R.L	impression 1	impression2	couture 01	couture 2	finition	$\sum x_{ij}$
stock MP	64	0	170	0	0	0	0	0	0	0	0	234
Extrudeuse	0	616,5	0	487,5	0	0	0	0	0	0	0	1104
loom	208	0	815	0	126	0	0	0	0	0	0	1149
S.R.T	0	297,5	0	514,5	0	161	0	0	0	0	0	973
laminage	0	0	525	0	413	0	49	294	0	0	0	1281
S.R.L	0	0	0	252	0	455	108	108	87,6	120	0	1130,6
impression1	0	0	0	0	138	0	66,9	279	21	21	18	543,9
Impression2	0	0	0	0	138	0	66,9	279	21	21	18	543,9
couture 01	0	0	0	0	0	73,5	27	27	27,9	36	0	191,4
couture2	0	0	0	0	0	73,5	27	27	27,9	36	0	191,4
finition	0	0	0	0	0	0	16,6	18	14	14	12	74,6
$\sum x_{ij}$	272	914	1510	1254	815	763	361,4	1032	199,4	248	48	7416,8

Tableau 5 : Calcul de Fonction objectif de la 1<sup>ère</sup> alternative

$$f1 = 7416,8$$

La valeur de la fonction objectif est de : 7416,8

7 - 3 - 2 Pour la 2<sup>ème</sup> alternative

	stock MP	Extrudeuse	loom	S.R.T	laminage	S.R.L	impression 1	impression2	couture 01	couture 2	finition	$\sum x_{ij}$
stock MP	64	0	170	0	0	0	0	0	0	0	0	234
Extrudeuse	0	616,5	0	487,5	0	0	0	0	0	0	0	1104
loom	208	0	815	0	126	0	0	0	0	0	0	1149
S.R.T	0	297,5	0	514,5	0	161	0	0	0	0	0	973
laminage	0	0	525	0	413	0	154	51,8	0	0	0	1143,8
S.R.L	0	0	0	252	0	337,4	30	30	120	288	0	1057,4
impression1	0	0	0	0	138	0	192	86,4	21	21	19,5	477,9
Impression2	0	0	0	0	138	0	192	86,4	21	21	19,5	477,9
couture 01	0	0	0	0	0	44,1	7,5	7,5	37	78	0	174,1
couture2	0	0	0	0	0	44,1	7,5	7,5	37	78	0	174,1
finition	0	0	0	0	0	0	40	28	14	14	13	109
$\sum x_{ij}$	272	914	1510	1254	815	586,6	623	297,6	250	500	52	7074,2

Tableau 6 : Calcul de Fonction objectif de la 2<sup>ème</sup> alternative

$$f2 = 7047,2$$

La valeur de la fonction objectif est de : 7047,2

### 7 - 3 - 3 Pour la 3<sup>ème</sup> alternative

	stock MP	Extrudeuse	loom	S.R.T	laminage	S.R.L	impression 1	impression2	couture 01	couture 2	finition	$\sum x_{ij}$
stock MP	64	0	170	0	0	0	0	0	0	0	0	234
Extrudeuse	0	616,5	0	487,5	0	0	0	0	0	0	0	1104
loom	208	0	815	0	126	0	0	0	0	0	0	1149
S.R.T	0	297,5	0	514,5	0	161	0	0	0	0	0	973
laminage	0	0	525	0	413	0	154	51,8	0	0	0	1143,8
S.R.L	0	0	0	252	0	337,4	30	30	156	306	0	1111,4
impression1	0	0	0	0	138	0	172,5	119,4	21	21	19,5	491,4
Impression2	0	0	0	0	138	0	172,5	119,4	21	21	19,5	491,4
couture 01	0	0	0	0	0	44,1	7,5	7,5	46	82,5	0	187,6
couture2	0	0	0	0	0	44,1	7,5	7,5	46	82,5	0	187,6
finition	0	0	0	0	0	0	27	50	14	14	13	118
$\sum x_{ij}$	272	914	1510	1254	815	586,6	571	385,6	304	527	52	7191,2

Tableau 7 : Calcul de Fonction objectif de la 3<sup>ème</sup> alternative

$$f3 = 7191,2$$

La valeur de la fonction objectif est de : **7191,2**

### 7 - 3 - 4 Pour la 4<sup>ème</sup> alternative

	stock MP	Extrudeuse	loom	S.R.T.L	laminage	impression 1	impression2	couture 01	couture 2	finition	$\sum x_{ij}$
stock MP	64	0	170	0	0	0	0	0	0	0	234
Extrudeuse	0	616,5	0	487,5	0	0	0	0	0	0	1104
loom	208	0	815	0	126	0	0	0	0	0	1149
S.R.T.L	0	297,5	0	514,5	0	217	308	0	0	0	1337
laminage	0	0	525	0	702	60	60	118,8	90	0	1555,8
impression1	0	0	0	216	0	211,5	290,7	27	27	43,8	816
Impression2	0	0	0	216	0	211,5	290,7	27	27	43,8	816
couture 01	0	0	0	0	112,5	15	15	34,9	24,9	0	202,3
couture2	0	0	0	0	112,5	15	15	34,9	24,9	0	202,3
finition	0	0	0	0	0	17	17,8	18	18	29,2	100
$\sum x_{ij}$	272	914	1510	1434	1053	747	997,2	260,6	211,8	116,8	7516,4

Tableau 8 : Calcul de Fonction objectif de la 4<sup>ème</sup> alternative

$$f4 = 7516,4$$

La valeur de la fonction objectif est de : **7516,4**

## 8 - Résultats

D'après les résultats obtenus, la 2<sup>ème</sup> configuration est la plus optimale, car elle possède la petite valeur de la fonction objectif

$$7047,2 < 7191,2 < 7416,8 < 7516,4$$



## 9 - Conception avec le logiciel AutoCad

Nous avons conçu l'atelier de production « sol et mezzanine » en utilisant le logiciel **Autocad Autodesk** et ce, en prenant compte les espaces alloués, les zones de stockages attribuées ainsi que les dimensions requises pour réaliser la production dans les plus favorables conditions.

### 9 - 1 Conception de l'atelier au sol

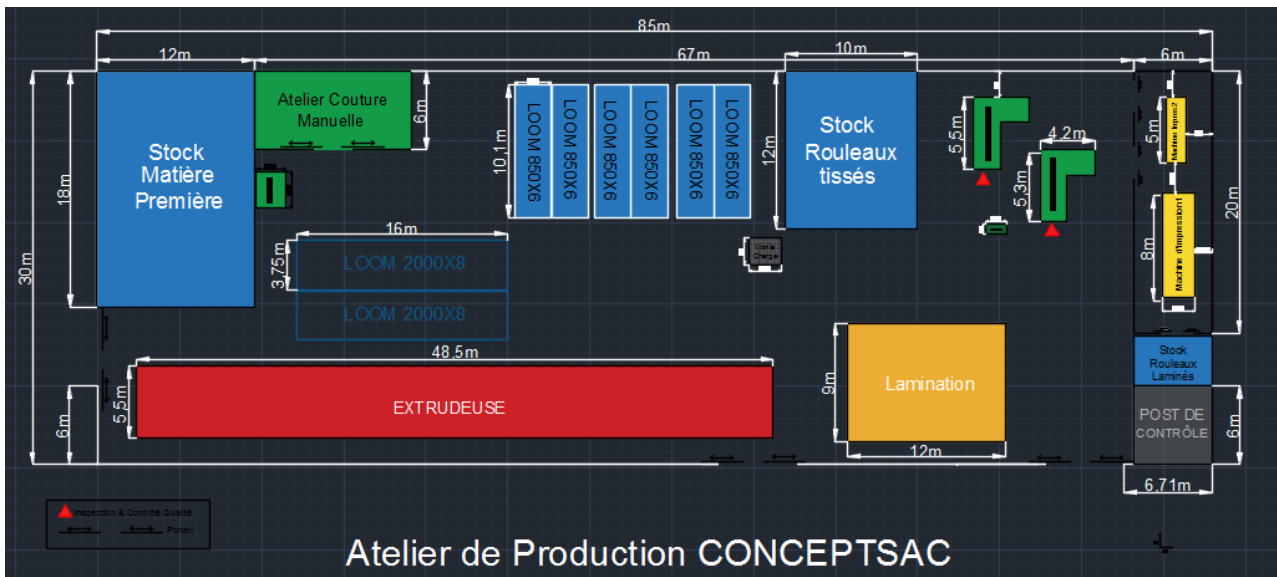


Figure 44 : Modélisation de la configuration optimale sous Autocad-Sol-

### 9 - 2 Conception au-dessus de la mezzanine

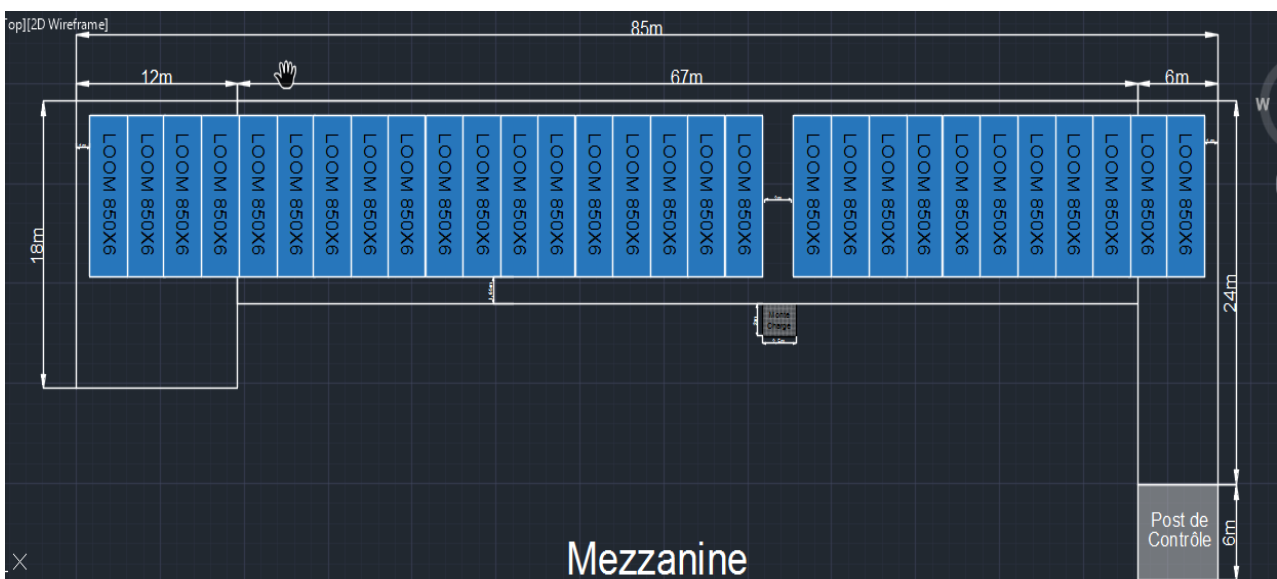


Figure 45: Modélisation de la configuration optimale sous Autocad – Mezzanine-

## **Conclusion**

L'étude de la conception d'usine est très importante pour l'entreprise car elle donne une planification efficace de l'installation qui permet de réduire considérablement les coûts, le temps, les déplacements, et améliorer les performances de la chaîne de production.

Le modèle proposé basé sur la SLP s'avère efficace pour résoudre les problèmes mentionnés. Dans notre disposition proposée, la position des différents départements est faite en fonction du tableau des relations d'activités.

Il est prévu que le modèle contribuera à l'amélioration globale de la production car les flux sont optimisés et les distances sont minimisées.

Nous allons dans la section suivante étudier les équipements de manutention qui peuvent être utilisés dans l'atelier de production pour déplacer les différents produits.

**SECTION 4: ETUDE DES EQUIPEMENTS DE MANUTENTION**

---

Section  
**4**

**Etude des Equipements de Manutention**

## Introduction

La manutention occupe une place fondamentale dans la chaîne de production. Dans l'entreprise la manutention est un facteur très important, les entreprises consacrent de 50 % à 80 % du temps de la fabrication d'un produit à la manutention, et ceci mobilise environ 10 % du personnel [21].

### 1 - Définition de la manutention

Provenant du mot « main », **la manutention** signifie l'activité qui consiste à déplacer et porter des charges à la main. De nos jours, grâce à la technologie il est possible d'effectuer cette opération à l'aide de plusieurs outils qui aident à améliorer la productivité [22].

La manutention doit permettre l'acheminement des pièces d'un poste de travail à un autre sur la ligne de production, Cette action joue un rôle très important car elle permet de faciliter le travail de l'opérateur, utiliser l'espace au maximum et réduire les manipulations au maximum.

Il existe plusieurs manières de classifications des équipements de manutention:

- suivant le type d'installation (sur le sol, suspendu ou aérien).
- suivant le type de commande (manuel, contrôlé, automatique).
- suivant le type de déplacement (chemins fixes ou routage flexible).
- suivant le type de fonctionnement: (synchrones ou asynchrones).

Pour bien choisir l'équipement de manutention, l'entreprise doit tenir compte de certains critères :

- La fréquence d'utilisation de l'équipement.
- Le type de charge à déplacer.
- Le type de manutention.
- Le poids des charges à déplacer.
- L'environnement d'utilisation.

### 2 - La manutention de la matière première

Comme nous avons vu, précédemment la matière première arrive en palettes, le transport se fait du Stock de la MP vers la station extrudeuse, nous allons choisir le moyen de manutention le plus adéquat selon les critères suivants :

- ⇒ La nature des charges : Palettes (figure 47).

- ⇒ Nature des opérations : chargement / déchargement et transport des produits palettisés.
- ⇒ Nature de l'environnement : Transport au sol.
- ⇒ Distance à parcourir : moins de 30m.
- ⇒ Fréquence des opérations : «intermittentes » quelques opérations par jour.

Le moyen de manutention le plus adéquat à choisir est **le transpalette (chariot à conducteur à pied)** (figure 46).

## 2 - 1 Le transpalette

Le transpalette est une sorte de chariot hydraulique permettant au conducteur de soulever et de déplacer des palettes comportant des charges d'un endroit à un autre sans difficultés. Le transpalette est généralement utilisé pour transporter des charges palettisées sur de courtes distances (30m).

### 2 - 1 - 1 Caractéristiques d'un Transpalette

- Hauteur d'élévation des fourches : 300mm.
- Longueur Totale : 1540mm.
- Largeur Totale : 550mm.
- Vitesse de Translation : 3 km/h.
- Rampe admissible : varie de 20% à vide, à 5 à 10% en charge.
- Capacité : 2000 à 3000 Kg [23].



Figure 47 : Transpalette Manuel



Figure 46 : Palette

### 2 - 1 - 2 Analyse de l'équipement

#### Le temps d'un cycle de livraison $T_c$ (min/livraison)

Ce temps est composé de:

- ⇒ Temps de chargement
- ⇒ Temps de voyage jusqu'à la station de déchargement

- ⇒ Temps de déchargement
- ⇒ Temps de voyage à vide pour retourner à la station de chargement jusqu'au début du prochain cycle

$$T_c = T_L^{17} + \frac{L_d}{V_d} + T_u^{18} + \frac{L_e}{V_e} \quad (7)$$

**Tel que :**

**TL:** temps de chargement dans la station de chargement (mn)

**Ld:** distance parcourue en charge (entre les stations de chargement et de déchargement) (m)

**Vd:** vitesse du véhicule en charge (m/mn)

**Tu:** temps de déchargement dans la station de déchargement (mn)

**Le:** distance de voyage à vide pour retourner à la station de chargement jusqu'au début du prochain cycle (mn)

**Ve:** Vitesse de véhicule à vide

**Application numérique :**

- TL = 30s
- Ld=Le = 16m (distance entre le stock MP et la station extrudeuse)
- Vd= 2,5km/h == 40m/min
- Tu = 18s
- Ve = 4km/h == 60m/min

$$T_c = \frac{30}{60} + \frac{16}{40} + \frac{18}{60} + \frac{16}{60}$$

$$T_c = 1,46 \text{ min/livraison}$$

Le **temps de cycle** permet de déterminer **deux paramètres**:

- ⇒ **Taux de livraison par véhicule** (livraison /hr par véhicule)
- ⇒ **Nombre de véhicules nécessaires** pour faire le nombre de livraisons voulues

Durant la manutention, des pertes de temps peuvent avoir lieu. Celles-ci sont dues à :

- La disponibilité
- La congestion du trafic
- L'efficacité des opérateurs (chariots manuels)

---

<sup>17</sup> Loading Time

<sup>18</sup> Unloading Time

Pour prendre en considération ces pertes, les facteurs suivants sont introduits.

- Facteur de fiabilité ( $A$ )
- Facteur de trafic ( $Tf$ )
- Efficacité de l'opérateur ( $E$ )

**Le temps disponible AT en (min/h par véhicule)**

$$AT = 60 \times A \times Tf \times E \quad (8)$$

**Application numérique :**

- $A = 0,8$
- $Tf = 1$
- $E = 0,9$

$$AT = 60 \times 0,9 \times 1 \times 0,8 = 43,2$$

**Le nombre de transpalettes nécessaires est:**

$$nc = \frac{Rf \times Tc}{AT} \quad (9)$$

Tel que:

**Rf** : Programme de livraison (livraison/hr) = 10 livraison/24heures

$$nc = \frac{0,41 \times 1,46}{60 \times 0,95 \times 1 \times 0,8} \quad ; \quad nc = 0,013 \approx 1$$

L'unité aura besoin que d'un seul transpalette pour transporter la matière première.

### 3 - La manutention des bobines de fil

Une fois que les bobines de fil sont produites, elles seront transportées vers la station de tissage où elles vont servir comme matière première pour les Loom Circulaire.

L'extrudeuse produit 264 bobines toutes les 38 minutes, 2 opérateurs sont responsables de l'opération de chargement/déchargement des bobines qui nécessite environ 17 minutes.

Les bobines seront ensuite transportées vers la station suivante.

Pour la manutention des bobines, nous avons pensé à deux différents équipements de manutention qui ont le même principe « un chariot à étagère grillagé et un chariot caisse grillagé »

### 3 - 1 Proposition 1 : Chariot à étagères grillagé

**Chariot à étagères grillagé**, (figure 48,48) : c'est un moyen de manutention permettant au conducteur de déplacer des charges d'un endroit à un autre sans difficultés. Il peut être aussi utilisé pour le stockage des produits.

Dans ce cas, nous allons utiliser un chariot qui répond à nos exigences (stocker et transporter 264 bobines).



Figure 48 : Chariot à étagères grillagé



Figure 49 : Manutention d'un chariot à étagères

#### 3 - 1 - 1 Informations Techniques

- Longueur : 1200mm
- Largeur : 400mm
- Hauteur : 1800 mm
- Nombre d'étagères : un plateau fixe et 5 étagères de 15mm d'épaisseur
- Charge : 400kg
- Charge par étagère : 60 kg
- Quatre roulettes dont 2 fixes et 2 pivotantes montées sur roulements à rouleaux.

#### 3 - 1 - 2 Analyse de l'équipement

**Nombre de Bobines qui peuvent être stockées dans une seule étagère :**

$$\Rightarrow \text{Nombre de Bobines en longueur} : \frac{110}{10} = 11 \text{ bobines}$$

$$\Rightarrow \text{Nombre de Bobines en largeur} : \frac{40}{20} = 2 \text{ bobines}$$

**Nombre de Bobines qui peuvent être stockées dans ce chariot :**

$$\Rightarrow \text{Nombre de bobines totale} = 11 \times 6 \times 2 \text{ (double face)} = 264 \text{ bobines}$$



### 3 - 2 Proposition : Chariot caisse grillagé avec une demi-porte rabattable

Le chariot caisse est un moyen de manutention muni de roues pour servir à transporter des charges.

Nous allons utiliser ce chariot pour transporter les 264 bobines sortantes de l'extrudeuse, le chariot caisse grillagé est montré dans la figure suivante :

#### 3 - 2 - 1 Informations techniques

- Dimensions intérieure :
- Longueur : 1600 mm
- Largeur : 400 mm
- Hauteur : 800 mm
- Capacité de charge : 400 kg
- 1 Poignée de manœuvre
- Roues fixes + 2 roues pivotantes
- Côtés grillagés, dont 1 côté avec une demie-porte
- Dimensions de la porte : 1500mm x 400 mm



Figure 50 : Chariot Caisse grillagé

#### 3 - 2 - 2 Analyse de l'équipement

**Nombre de bobines qui peuvent être stockées dans ce chariot :**

⇒ Nombre de bobines en longueur :  $\frac{160}{10} = 16$  bobines

⇒ Nombre de bobines en largeur :  $\frac{40}{20} = 2$  bobines

⇒ Nombre de bobines en hauteur :  $\frac{80}{10} = 8$  bobines

$$\text{Nombre de bobines totale} = 16 \times 2 \times 8 = 256 \text{ bobines}$$

### 3 - 3 Le Monte-Charge

Les machines de tissage sont placées sur une mezzanine, pour transporter les produits semi finis (bobines de fil et Rouleaux tissés) l'entreprise prévoyait de placer deux monte-charge sur les deux extrémités de la mezzanine.

Nous avons proposé à l'entreprise de placer un seul monte-charge au milieu car le flux n'est pas assez important, un seul équipement suffira largement.

### 3 - 3 - 1 Le monte-Charge

Le monte-charge est un élévateur vertical permettant de transporter des charges d'un étage à l'autre. Le monte-charge industriel offre une simplicité et une efficacité en améliorant les vitesses de manutention de charges plus ou moins lourdes qui doivent transiter sur plusieurs niveaux



Figure 51 : Monte-Charge

### 3 - 3 - 2 Informations techniques

- Dimension du Monte-charge :
  - Largeur: 2500mm
  - Profondeur : 2000mm
  - Hauteur : variable
- Vitesse : 10m/min
- Charge 1 Tonne (pour supporter le poids d'un rouleau + poids d'un opérateur + poids du transpalette où du chariot armoire)

### 3 - 3 - 3 Analyse de l'équipement

#### Le temps d'un cycle de livraison $T_c$ (min/livraison) :

Nous allons calculer le temps nécessaire pour transporter les bobines de fil de la station extrudeuse vers le stock de la station tissage.

#### Ce temps est composé de :

- Temps de chargement = 17min
- Distance entre la station extrudeuse vers le Monte-charge = 10m
- la distance verticale sol- mezzanine = 4m
- la distance moyenne Monte-charge –stock Loom = 26,5+11 m
- Vitesse du chariot en charge = 40m/min
- Vitesse du Monte-charge = 10m/min

- Temps de déchargement = 13min
- Vitesse du chariot à vide = 60m/min

En appliquant l'équation (7) :

$$T_c = 17 + \frac{10}{40} + \frac{4}{10} + \frac{26,5 + 11}{40} + 13 + \frac{26,5 + 11}{60} + \frac{4}{10} + \frac{10}{60}$$

⏟
⏟

Chargement + Déchargement +  
 Déplacement en charge Déplacement à vide

$$T_c = 32,77 \text{ min/livraison}$$

**Le temps disponible AT en (min/h par véhicule) :**

**Application numérique :**

- A= 0,95
- Tf= 1
- E =0,8

Selon L'équation (8) :

$$AT = 60 \times 0,95 \times 1 \times 0,8 = 45,6$$

**Le nombre d'équipements nécessaires est:**

**Rf** : Programme de livraison (livraison/hr)

Le nombre de livraison par heure = 1,55liv/h

En utilisant L'équation (9) :

$$nc = \frac{1,55 \times 32,77}{45,6} ; nc = 1,11 \approx 2$$

L'entreprise aura besoin 2 chariots pour transporter les bobines de fil.

## 4 - La manutention des rouleaux

### 4 - 1 Transport des rouleaux « Stock bobines tissés – machine de lamination »

Des rouleaux tissés sont obtenus après l'opération de tissage, ces rouleaux sont transportés à l'aide d'un transpalette vers le monte-charge pour être acheminés vers la station suivante « Lamination »

Une fois que les rouleaux arrivent au sol, ils seront transportés à l'aide d'un chariot élévateur à prise frontale comme le montre (la figure 52)

### 4 - 1 - 1 Le chariot élévateur

Le chariot élévateur est utilisé pour déplacer, transporter et élever des charges lourdes .c'est un équipement robuste destiné généralement à une utilisation intensive et polyvalente pour faciliter la manutention en usine.

### 4 - 1 - 2 Informations techniques

- Vitesse de translation : 15 à 20 km/h
- Vitesse d'élévation : 0,25 à 0,40m/min
- La capacité de charge : 1000 à 50000 kg
- Hauteur de levée varie de 3 à 6m



Figure 52 : chariot élévateur

### 4 - 1 - 3 Analyse de l'équipement

#### Le temps d'un cycle de livraison $T_c$ (min/livraison) :

On va calculer le temps nécessaire pour transporter les rouleaux tissés vers la machine de Lamination.

Ce temps est composé de :

- Temps de chargement = 1min
- Distance entre stock bobines tissés et la machine de lamination= 18m
- Vitesse du chariot élévateur= 250m/min
- Temps de déchargement = 1min

Selon l'équation (7) :

$$T_c = 1 + \frac{18}{250} + 1 + \frac{18}{250} \quad ; \quad T_c = 2,144 \text{ min/livraison}$$

#### Le temps disponible AT en (min/h par véhicule)

Application numérique :

- A= 95%
- Tf= 0,9
- E =1

A partir de l'équation (8) :

$$AT = 60 \times 0,95 \times 0,9 \times 1 = 51,3$$

Le nombre de chariots nécessaires est:

Rf : Programme de livraison =14livraison/8hr

En appliquant L'équation(9) :

$$nc_1 = \frac{1,75 \times 2,144}{51,3} ; \quad nc_1 = 0,073$$

#### **4 - 2 Transport des rouleaux «Machine de Lamination –Stock rouleaux laminés» :**

Après l'opération de laminage, les rouleaux sont transportés à l'aide d'un chariot élévateur vers le stock des rouleaux laminés.

##### **4 - 2 - 1 Analyse de l'équipement**

##### **Le temps d'un cycle de livraison Tc (min/livraison)**

Ce temps est composé de :

- Temps de chargement = 1min
- Distance entre la machine de lamination et le stock des rouleaux laminés= 11,5m
- Vitesse du chariot élévateur= 250m/min
- Temps de déchargement = 1min

En utilisant l'équation (7) :

$$Tc = 1 + \frac{11,5}{250} + 1 + \frac{11,5}{250} ; \quad Tc = 2,092 \text{ min/livraison}$$

##### **Le temps disponible AT en (min/h par véhicule)**

**Application numérique :**

- A= 95%
- Tf= 0,9
- E =1

Selon l'équation (8) :

$$AT = 60 \times 0,95 \times 0,9 \times 1 = 51,3$$

**Le nombre de chariots nécessaires est:**

**Rf** : Programme de livraison =14livraison/8hr)

En utilisant l'équation (9) :

$$nc_2 = \frac{1,75 \times 2,092}{51,3} ; \quad nc_2 = 0,07$$

### 4 - 3 Transport des rouleaux « Stock rouleaux laminés – Atelier Impression »

Les rouleaux laminés sont transportés toujours à l'aide d'un chariot élévateur vers l'atelier d'impression.

#### 4 - 3 - 1 Analyse de l'équipement

**Le temps d'un cycle de livraison  $T_c$  (min/livraison) :**

**Ce temps est composé de :**

- Temps de chargement = 1min
- Distance entre le stock rouleaux laminés et la machine d'impression= 9m
- Vitesse du chariot élévateur= 250m/min
- Temps de déchargement = 1min

En appliquant l'équation (7) :

$$T_c = 1 + \frac{9}{250} + 1 + \frac{9}{250} \quad ; \quad T_c = 2,072 \text{ min/livraison}$$

**Le temps disponible  $AT$  en (min/h par véhicule)**

**Application numérique :**

- $A = 95\%$
- $T_f = 0,9$
- $E = 1$

Selon L'équation (8) :

$$AT = 60 \times 0,95 \times 0,9 \times 1 = 51,3$$

**Le nombre de chariots nécessaires est:**

**Rf** : Programme de livraison (livraison/hr) = (12livraison/8hr)

Selon L'équation (9) :

$$nc_3 = \frac{1,5 \times 2,072}{51,3} \quad ; \quad nc_3 = 0,06$$

### 4 - 4 Transport des rouleaux « Atelier Impression – Station Couture »

Les rouleaux laminés sont transportés toujours à l'aide d'un chariot élévateur vers l'atelier de couture.

#### 4 - 4 - 1 Analyse de l'équipement

**Le temps d'un cycle de livraison  $T_c$  (min/livraison) :**

**Ce temps est composé de :**

- Temps de chargement = 1min

- Distance entre la machine d'impression et la station de couture= 12m
- Vitesse du chariot élévateur= 250m/min
- Temps de déchargement = 1min

En utilisant l'équation (7) :

$$T_c = 1 + \frac{12}{250} + 1 + \frac{12}{250} \quad ; \quad T_c = 2,096 \text{ min/livraison}$$

**Le temps disponible AT en (min/h par véhicule)**

**Application numérique :**

- A= 95%
- Tf= 0,9
- E =1

Selon l'équation (8) :

$$AT = 60 \times 0,95 \times 0,9 \times 1 = 51,3$$

**Le nombre de transpalettes nécessaires est:**

**Rf** : Programme de livraison (livraison/hr) = (3 livraisons/8h)

Selon l'équation (9) :

$$nc_4 = \frac{0,375 \times 2,096}{51,3} \quad ; \quad nc_4 = 0,01$$

## 5 - La manutention des produits finis

Les sacs cousus sont transportés vers la machine de finition pour être emballés et livrés au client, le transport de palette de PF emballées se fait à travers un chariot élévateur.

### 5 - 1 - 1 Evaluation de l'équipement

**Le temps d'un cycle de livraison Tc (min/livraison) :**

**Ce temps est composé de :**

- Temps de chargement = 1min
- Distance entre la station de couture et la machine d'emballage= 12m
- Vitesse du chariot élévateur= 250m/min
- Temps de déchargement = 1min

En utilisant l'équation (7) :

$$Tc = 1 + \frac{20}{250} + 1 + \frac{20}{250} \quad ; \quad Tc = 2,16 \text{ min/livraison}$$

**Le temps disponible AT en (min/h par véhicule)**

**Application numérique :**

- A= 95%
- Tf= 0,9
- E =1

Selon l'équation (8) :

$$AT = 60 \times 0,95 \times 0,9 \times 1 = 51,3$$

**Le nombre de chariots élévateur nécessaires est:**

**Rf** : Programme de livraison (livraison/hr)

En appliquant l'équation (9) :

$$nc_5 = \frac{0,125 \times 2,16}{51,3} \quad ; \quad nc_5 = 0,005$$

Afin de déterminer le nombre exact des chariots élévateurs, nous allons additionner les valeurs obtenues précédemment.

$$nc = \sum_{i=1}^5 ni \quad (10)$$

$$nc = 0,073 + 0,071 + 0,06 + 0,01 + 0,005 = 0,219$$

L'entreprise aura besoin que d'un seul chariot élévateur pour assurer le transport des rouleaux entre les différents départements.

## Conclusion

La manutention au niveau de la chaîne de production est relative aussi à l'approvisionnement des postes de travail. Elle possède une mission considérable au niveau de chaîne logistique et requiert majoritairement des équipements particuliers pour le chargement, le déchargement, le stockage et le transport des différents matériaux au sein de l'usine.

Nous avons dans cette section fait toute une étude sur les moyens de manutention qui peuvent être utilisés au sein de l'entreprise CONCEPTSAC. Nous avons déterminé le type d'équipement de transport à utiliser pour transporter les produits entre les différents départements ainsi que le nombre nécessaire de ces moyens de manutention.



# *Conclusion Générale*

## Conclusion et Perspectives

---

Le travail présenté dans ce document est l'aboutissement de plusieurs mois partagés entre réflexion, recherche, développement et analyse. Ce travail était l'occasion de mettre en œuvre nos connaissances théoriques et pratiques acquises pendant notre formation d'ingénieur en génie industriel ainsi qu'une expérience de plus gagnée dans le chemin professionnel. Les travaux réalisés dans de ce mémoire concernent **l'aménagement et la conception d'une chaîne de production** de produits d'emballage. L'objectif principal est de concevoir une ligne de production à moindre coût tout en respectant les contraintes techniques et technologiques du problème.

**L'aménagement et La conception des installations** implique un processus de décision qui, en sa complexité, doit être décomposé en plusieurs sous-problèmes, à savoir: la sélection des équipements de production les plus adéquats, la définition de l'emplacement des machines, l'affectation des opérations de fabrication aux machines, le regroupement des machines en sections (cellules ou départements), la sélection des équipements de manutention et la spécification des aires de stockage. Dans ce contexte contraignant, nous avons dans un premier lieu présenté le contexte général de production des sacs tissés en expliquant les différentes étapes de fabrication , les modes de fonctionnement des machines et leurs dimensionnement . Nous avons dans la deuxième partie du mémoire fait recours au **facilities layout design** à travers l'application des méthodes influant sur l'ensemble du processus de production à moyen et à long terme . Ce choix de travailler sur une nouvelle approche est motivé par le fait que la plupart des méthodes de conception, existantes dans la littérature, sont basées soit sur de la simulation ou par une étude analytique basique bien que la pertinence du facilities design soit bien établie par différentes études et applications.

À partir de cette démarche du facility design, nous avons établi une étude sur la disposition optimale des machine à travers le calcul des matrices des flux et des distances ,la définition des relations entre différents départements et la détermination des espaces de stockages , Nous avons aussi fait une étude détaillé sur le choix des équipements de manutention les plus adéquats pour assurer le transport des différents matériaux au sein de l'unité de production .

Finalement, nous tenons à préciser que le travail réalisé s'est avéré très enrichissant pour notre expérience professionnelle aussi bien en ce qui concerne le domaine technique que l'aspect humain.

## Résumé

Notre projet de fin d'étude s'est déroulé chez l'entreprise CONCEPTSAC Mascara, une entreprise de fabrications des sacs tissés pour emballage. Notre mission, était de faire l'étude de la conception de l'atelier de production. Dans la première partie, nous avons décrit les concepts de base et les différents processus concernant le domaine abordé dans notre projet, qui est l'étude de la conception d'une chaîne de production de produits d'emballage, afin de pouvoir présenter ce domaine aussi vaste que transverse.

Dans la seconde partie, nous avons présenté le travail qui était effectué pour l'entreprise CONCEPTSAC, de l'étude de l'existant « données et contraintes », l'analyse des besoins « objectifs de productions et capacités de stockage », l'étude de la conception « flux, distances, fonction objectif » et enfin, le déploiement de la solution optimale.

En dernier lieu, nous avons fait une étude approfondie sur les équipements de manutention qui peuvent être utilisés dans le l'atelier de production de l'entreprise.

**MOTS-CLES :** Conception de systèmes industriels, production d'emballage, évaluation des performances.

## Abstract

Our graduation project took place at CONCEPTSAC Mascara, a company manufacturing woven bags for packaging. Our mission was to study the design of the production workshop. In the first part, we have described the basic concepts and the various processes concerning the field approached in our project which is the study of the design of a production line of packaging products, in order to be able to present this field also vast than transverse.

In the second part, we presented the work that has been done for the company CONCEPTSAC, the study of the existing "data and constraints", the analysis of needs "production objectives and storage capacities", study of the design "flow, distances, objective function" and finally the deployment of the optimal solution.

Finally, we did an in-depth study on the handling equipment that can be used in the company's production unit.

**KEYWORDS:** Facility layout design , packaging industry ,performance assessment .

## ملخص

ان مشروع نهاية التخرج تركز على دراسة تركيب خط انتاج في مصنع لانتاج اكياس بلاستيكية منسوجة تستعمل للتعبئة والتغليف.

الجزء الأول من المذكرة مكرس لعرض المفاهيم الأساسية اللازمة لوصف موضوع الدراسة وإدخال المفاهيم والتعاريف من السياق الصناعي والعلمي. ينقسم هذا الجزء إلى ثلاثة أقسام ؛ يتناول الأول تعاريف و طرق تصميم أنظمة الإنتاج ، في القسم الثاني قدمنا وصفا عاما لأنواع التعبئة والتغليف المختلفة ، ثم حددنا عملية تصنيع الأكياس المنسوجة. اما في الجزء الثاني فتطرقنا الى الجانب العملي حيث قمنا بدراسة تركيب الآلات ، قسمنا هذا الجزء إلى أربعة أقسام ، القسم الأول يتضمن تعريف طرق تصميم و تخطيط المنشأة مع تحديد الطرق المختلفة التي استخدمناها في دراستنا . في القسم الثاني رأينا مفهوم الإنتاج في الشركة ، والقيود المختلفة التي يجب احترامها بالإضافة إلى المعلومات الموجودة على آلات إنتاج الأكياس المنسوجة ، قسمنا هذا القسم إلى سلسلتين في الأول قمنا بحساب الساعات الإنتاجية وفي الثانية قمنا بحساب الساعات التخزينية. اما في القسم الثالث قمنا بتطبيق طريقة لدراسة تخطيط الآلات قمنا باقتراح أربعة تكوينات لها وقمنا بحساب التدفقات والمسافات حتى نتمكن من المقارنة بين البدائل الأربعة واختيار التخطيط الأمثل..

و في الأخير، قمنا بدراسة لاختيار أفضل معدات النقل التي يمكن استخدامها في الشركة لنقل المنتجات بين الأقسام. ختمنا أطروحتنا باستنتاج حول اهمية تخطيط المنشأة المنظم في ضمان التشغيل السلس الخالي عمليًا من العوائق والإزعاج وفائدته في الصناعة.

**الكلمات المفتاحية :** تصميم و تخطيط المنشآت الصناعية , انظمة التعبئة و التغليف , تقييم الاداء

## Références Bibliographiques

---

- [1] L. I. Pahl, "Adoption of environmental assurance in pastoral industry supply chains - Market failure and beyond," *Aust. J. Exp. Agric.*, vol. 47, no. 3, pp. 233–244, 2007, doi: 10.1071/EA06031.
- [2] Y. Benama, "Formalisation de la démarche de conception d ' un système de production mobile : intégration des concepts de mobilité et de reconfigurabilité," UNIVERSITÉ DE BORDEAUX, 2016.
- [3] X. Ye, "Modélisation et simulation des systèmes de production : une approche orientée-objets Xiaojun Ye To cite this version : HAL Id : tel-00821121 Modélisation et Simulation des Systèmes de Production : une Approche Orientée--Objets," 2013.
- [4] A. Diemer, "Economie d'entreprise Partie II Les fonctions de l'Entreprise Chapitre 6 : La Fonction de production," pp. 1–35, 2011.
- [5] Saoudi Bakir and Remita Fares, "Résolution du problème d'ordonnancement conjoint de la production et de la maintenance de type Flow Shop ,Mémoire de Master II," Université de Tlemcen, Algérie Université, 2012.
- [6] N. Manalili, M. Dorado, and R. Otterdijk, *Solution d'emballage alimentaire adaptées aux pays en développement*. 2014.
- [8] O. YASMINE and K. ALI, "'EMBALLAGE POUR UN PRODUIT ALIMENTAIRE LABELLISE CAS DE LA FIGUE SECHE DE BENI MAUCHE' , Mémoire de fin de cycle," pp. 2013–2014, 2007.
- [9] E. Rocher, "Conditionnement Et Emballage ". 2008.
- [12] Blipso, "Guide pratique Les emballages plastiques industriels & commerciaux," 2015.
- [14] R. Muther and L. Halles, *Systematic Layout Planning - A total system of layout planning*. 2015.
- [18] K. Riadh, "Amélioration de la capacité de production par les méthodes LEAN," Université Virtuelle de Tunis, 2013.
- [19] . S. B. P., "Productivity Improvement in Plant By Using Systematic Layout Planning (Slp) - a Case Study of Medium Scale Industry," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 03, no. 04, pp. 770–775, 2014, doi: 10.15623/ijret.2014.0304136.
- [20] "Activity Relationship Diagram in Facility Layout," [Online]. Available: <https://medium.com/educational-blog/what-is-activity-relationship-diagram-in-facility-layout-8387756649ec>.
- [23] M. AUMAS and Georges SCHEMM, "Les chariots automoteurs de manutention."

## Références Webographies

---

- [7] Amirouche, “Les Emballages,” 2012. <http://genie-alimentaire.com/spip.php?article114>.
- [10] C. Théry, “Emballage en verre,” 2015. <https://www.verallia.com/a-propos-du-verre>.
- [11] “Emballage métallique.” <http://genie-alimentaire.com/spip.php?article117>.
- [13] “Emballage multicouches.” <https://www.recyclecartons.ca/cmcc-101/?lang=fr>.
- [15] S. Chand, “Industrial Plant Layout: Meaning, Definition, Need and Importance.” <http://www.yourarticlelibrary.com/industries/plant-layout/industrial-plant-layout-meaning-definition-need-and-importance/34609>.
- [16] “Main Types of Plant Layout | Industries.” <https://www.businessmanagementideas.com/industries/plant-layout/5-main-types-of-plant-layout-industries/9239>.
- [17] “Types of plant Layout.” <https://www.kickoffall.com/2019/09/types-of-plant-layout-process-layout.html>.
- [21] “Cours- Manutention.” <https://www.rocdacier.com/cours-manutention-moyens-de-levage/>.
- [22] “Moyens de Manutentions.” <https://www.innastudio.com/bricolage/manutention.html>.