

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الجزائرية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATIO
AND SCIENTIFIC RESEARCH

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

المدرسة العليا للعلوم التطبيقية

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES

--T L E M C E N--

- تلمسان -

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie industriel

Spécialité : Management industriel et logistique

Présenté par :

HAMAIDA Mohamed el Habib

Thème

**Conception d'une chaine de conditionnement
Etude de cas : Moulins Hamamat**

Soutenu le 07 juillet devant le jury composé de :

M. Housseyn KAHOUADJI	MCB	Président	UNIV Tlemcen
M. Mohammed BENNEKROUF	MCB	Examineur	ESSA Tlemcen
M. Fouad MALIKI	MCB	Examineur	ESSA Tlemcen
Mm. Amina OUHOUD	MCB	Encadrante	ESSA Tlemcen

Année universitaire 2020/2021

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier le Dieu qui m'a donné le courage pour finaliser ce mémoire, Merci à Mes parents, pour leur soutien et leurs encouragements, Et à toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage.

Je voudrais dans un premier temps remercier, Mon encadrante de mémoire Mm. Amina **OUHOUD**, Enseignante à l'école supérieure en science appliquées, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.

Je remercie également M. **Fouad MALIKI** le chef filière de génie industriel à l'école supérieure en sciences appliquées, pour avoir assuré la partie théorique.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, Qui m'ont été d'un grand soutien l'élaboration de ce mémoire :

M. **Hamid** qui m'a beaucoup aidé dans le stage au sein d'entreprise MOULINS HAMAMAT, Qui partagé ses connaissances et son expériences dans ce milieu.

M. **HAMAIDA KAMEL, BELLAHCEN SAID**, pour m'avoir accordé des entretiens et avoir répondu à mes questions.

Dédicace

Je dédie cette mémoire à :

Ma précieuse mère « MOUALID GHAOUTIA »

Mon précieux père « HAMAIDA KOUIDER »

Ma chère tante et sa famille « MOUALID SOUAD »

Mon chère petit frère « HAMAIDA ABDELHAK »

Toute ma famille

Mes amis :

« ZOUAOUI Mehdi »

« ELHEFFA Abd-el-Kader »

« SERRADJ Firas »

« KHEDIM Aymen »

HAMAIDA MOHAMED EL HABIB

Liste des tableaux

Chapitre 01

Tableau 1.1	Les résultats des trois scénarios	17
Tableau 1.2	Représentation des différents états de produit transporté	29
Tableau 1.3	Type et caractéristique des dispositions	30
Tableau 1.4	Résumé sur l'agv	30
Tableau 1.5	Résumé sur les convoyeurs	31
Tableau 1.6	Différents applications de robot	32
Tableau 1.7	Résumé sur les AS/RS	33

Chapitre 02

Tableau 2.1	Les ressources d'entreprise	36
Tableau 2.2	Les ressources d'entreprise	37
Tableau 2.3	Les ressources d'entreprise	38
Tableau 2.4	Les ressources d'entreprise	39
Tableau 2.5	Les ressources d'entreprise	40
Tableau 2.6	Les pourcentages imposés par l'état	40
Tableau 2.7	Fiche technique de remplisseuse	43
Tableau 2.8	Fiche technique de machine de fermeture	44
Tableau 2.9	Fiche technique de fardeleuse	44
Tableau 2.10	Fiche technique de robot palettiseur	45
Tableau 2.11	Fiche technique d'emballeuse	45
Tableau 2.12	Fiche technique de convoyeur	46
Tableau 2.13	Fiche technique de palette	46
Tableau 2.14	Nombre de machine nécessaire	48
Tableau 2.15	Les quantités nécessaires entrant	49
Tableau 2.16	Les quantités nécessaires entrant pour une capacité max...	50
Tableau 2.17	La codification de la chaine de conditionnement	54

Chapitre 03

Tableau 3.1	Description des modules basique d'arena	58
--------------------	---	----

Liste des figures

Chapitre 01

Figure 1.1	Organigramme de processus de production des cadres en métal	20
Figure 1.2	décomposition de temps en marche/arrêt pour machine/opérateur	20
Figure 1.3	Exemple de besoin en espace	21
Figure 1.4	(Flow shop/Job shop/Project shop) process	22
Figure 1.5	Représentation de cellular layout process	22
Figure 1.6	Exemple d'un SLP organigramme	24
Figure 1.7	Les critères de choix de moyen de manutention	28

Chapitre 02

Figure 2.1	Représentation des étapes de remplisseuse	41
Figure 2.2	Représentation des étapes de machine de fermeture	42
Figure 2.3	Représentation des étapes de fardeleuse	42
Figure 2.4	La remplisseuse	43
Figure 2.5	Machine de fermeture	44
Figure 2.6	Fardeleuse	44
Figure 2.7	Robot palettiseur	45
Figure 2.8	Emballeuse	45
Figure 2.9	Convoyeur à rouleau	46
Figure 2.10	Palette EPAL	46
Figure 2.11	Surface réservé pour la nouvelle chaîne	50
Figure 2.12	La mise en place des machines	53
Figure 2.13	Gamme de maintenance préventive	55
Figure 2.14	Abréviation des paramètres de figure 2.13	55

Chapitre 03

Figure 3.1	Description des modules basique d'arena	57
Figure 3.2	Le modèle de la nouvelle chaîne sous arena	59
Figure 3.3	Représentation de la première partie de modèle	60
Figure 3.4	Le contenu de modèle Assign	60
Figure 3.5	Le contenu de module de process (remplisseuse)	60
Figure 3.6	Le contenu de module Create	60
Figure 3.7	Représentation de machine de fermeture dans le modèle	61
Figure 3.8	Le contenu de module process (fermeture)	61
Figure 3.9	La représentation de la troisième partie	62
Figure 3.10	Le module batch	62
Figure 3.11	Les paramètres d'assemblage	62

La conception d'une chaîne de conditionnement

Figure 3.12	Les paramètres d'emballage	62
Figure 3.13	La station 01	63
Figure 3.14	Les paramètres de module station 01	63
Figure 3.15	La modélisation de transfert avec convoyeur	63
Figure 3.16	Le module accès	64
Figure 3.17	Le module convoyeur	64
Figure 3.18	La station robot dans le modèle	64
Figure 3.19	Les paramètres de station 02	64
Figure 3.20	Représentation de transfert des fardeaux avec robot	65
Figure 3.21	Les paramètres de robot	65
Figure 3.22	Libérer le convoyeur	65
Figure 3.23	La modélisation de fonction d'emballage	66
Figure 3.24	Le module record 03	66
Figure 3.25	Les paramètres d'emballage	66
Figure 3.26	Le module batch « palette »	66
Figure 3.27	Le module de station 03	67
Figure 3.28	Les paramètres de station 03	67
Figure 3.29	La modélisation de transfert avec Clark	68
Figure 3.30	Le module de demande d'exploitation de Clark	68
Figure 3.31	Les paramètres de Clark	68
Figure 3.32	Le module de station 04	68
Figure 3.33	Les paramètres de station 04	68
Figure 3.34	Le module FREE	69
Figure 3.35	Les paramètres de module FREE	69
Figure 3.36	Les paramètres de module separate	69
Figure 3.37	Le module separate	69
Figure 3.38	La modélisation des records	70
Figure 3.39	Le record de TH	70
Figure 3.40	Le record de TC	70
Figure 3.41	Le record de quantité sortie	70
Figure 3.42	Le module dispose	71
Figure 3.43	Le contenu de module dispose	71

Chapitre 04

Figure 4.1	Flow shop processus	73
Figure 4.2	Le nombre de sorties de système	75
Figure 4.3	Le temps de cycle par simulation	75
Figure 4.4	Les résultats de TH par simulation	75
Figure 4.5	Le nombre d'encours	76
Figure 4.6	Les résultats de calculs sous EXCEL	76
Figure 4.7	La situation de la nouvelle chaîne	77
Figure 4.8	Paramètres de four	78

La conception d'une chaîne de conditionnement

Figure 4.9	Paramètres d'assemblage fardeau	78
Figure 4.10	Les nouveaux paramètres de remplisseuse	78
Figure 4.11	Le nouveau nombre de sortie de système	79
Figure 4.12	Le nouveau temps de cycle	79
Figure 4.13	Le nouveau TH	79
Figure 4.14	Le nouveau nombre d'encours	79
Figure 4.15	Les nouveaux résultats sous EXCEL	80
Figure 4.16	La nouvelle situation de chaîne...	81
Figure 4.17	Les taux d'utilisation des machines	81

Liste des abréviations

TH: Throughput

WIP: Work in process

TC: Temps de cycle

EPAL: Euro palette

La conception d'une chaîne de conditionnement

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	13
1 CHAPITRE 01	15
1.1 Introduction.....	16
1.2 Etat de l'art.....	16
1.3 Les concepts de facilities design :.....	19
1.3.1 Définitions :	19
1.3.1.1 L'entreprise :.....	19
1.3.1.2 Facilities design :.....	20
1.3.2 Objectifs de facilities design :.....	20
1.3.3 Les domaines d'applications :.....	21
1.3.4 Analyse des équipements et produit :.....	21
1.3.4.1 Conception de produit :.....	21
1.3.4.2 Conception de procédure :.....	21
1.3.4.3 Outils de conception de procédure :.....	21
1.3.4.4 Carte de processus :	21
1.3.4.5 Organigramme de processus :.....	21
1.3.4.6 Liste des produits :.....	22
1.3.4.7 Liste des pièces :.....	22
1.3.4.8 Achat or Produire :	22
1.3.4.9 Diagramme d'assemblage :.....	22
1.3.4.10 Feuille de routage :.....	22
1.3.4.11 Tableau de processus d'opération :	22
1.3.4.12 Diagramme de précédence :	22
1.3.4.13 Besoin en production :	22
1.3.4.14 Besoin en équipements :.....	22
1.3.4.15 Tableau d'activité multiple :.....	22
1.3.4.16 Besoin en personnel :	22
1.3.4.17 Besoin en espace :	22
1.3.5 Analyse des processus et des flux de matériaux :.....	23
1.3.6 Configuration des ateliers :	23
1.3.6.1 Flow shop :.....	23
1.3.6.2 Job shop :.....	23

La conception d'une chaîne de conditionnement

1.3.6.3	Project shop	23
1.3.6.4	Cellular layout	24
1.3.7	Les données	24
1.3.7.1	Types de données	24
1.3.7.1.1	Données quantitatives	24
1.3.7.1.2	Données qualitatives	24
1.3.8	Distance	24
1.3.9	Evaluation d'une disposition	25
1.3.9.1	SLP (Systematic layout planning)	25
1.3.10	Algorithmes et méthodes pour facilities design	25
1.3.10.1	Algorithme MST (modified spanning tree)	25
1.3.10.2	Méthode théorique des graphes	26
1.3.10.3	Algorithme 2-OPT	27
1.3.10.4	Algorithme 3-OPT	27
1.3.11	Les logiciels de disposition	28
1.3.12	La manutention	29
1.3.13	Système de manutention	29
1.3.13.1	SAGV (system automatic guided vehicles)	30
1.3.13.2	Système de convoyage	32
1.3.13.3	Les robots industriels	33
1.3.14	Système de stockage	33
1.3.14.1	Système de stockage classique	33
1.3.14.2	Système de stockage automatique	33
1.4	Conclusion	34
2	CHAPITRE 02	35
2.1	Introduction	36
2.2	Partie 01	36
2.2.1	Présentation de l'entreprise (MOULINS HAMAMAT)	36
2.2.2	La production dans l'entreprise moulins HAMAMAT	41
2.3	Partie 02	42
2.3.1	Introduire La nouvelle chaîne de production	42
2.3.2	Le processus de fabrication de la nouvelle chaîne	42
2.3.3	Description des équipements de la nouvelle chaîne	44
2.3.4	L'adaptation des ressources selon la quantité de production désirée	48

La conception d'une chaîne de conditionnement

2.3.5	Nombre de machine :.....	48
2.3.6	Calcul de taux de rebut et besoin en production :.....	49
2.3.7	La capacité maximale de notre chaîne de conditionnement :.....	50
2.3.8	La surface réservée pour la nouvelle chaîne de conditionnement :.....	51
2.3.9	La disposition des machines adéquates :.....	52
2.3.10	La mise en place des machines sur la surface disponible :.....	54
2.3.11	La maintenance de la nouvelle chaîne de conditionnement :.....	55
2.4	Conclusion	55
3	CHAPITRE 03	56
3.1	Partie 01 : introduction à la modélisation et simulation	57
3.1.1	Introduction.....	57
3.1.2	La Modélisation des systèmes :.....	57
3.1.3	La simulation et les logiciels de simulation :.....	58
3.1.4	ARENA :.....	58
3.1.5	Les domaines d'applications :.....	58
3.2	Partie 02 : La modélisation de la nouvelle chaîne de conditionnement.....	59
3.2.1	Résumé :.....	59
3.3	Conclusion	71
4	CHAPITRE 04	72
4.1	Introduction.....	73
4.2	Les systèmes de production :.....	73
4.3	Mesure de paramètres de performance « Factory physics »	74
4.4	Les cas de performance :.....	74
4.4.1	Règle de meilleur cas (Best case) :.....	74
4.4.2	Règle de cas pire pratique (Practical worst case) :.....	74
4.4.3	Règle de pire cas (Worst case)	75
4.5	Résultats	75
4.6	Interprétation.....	76
4.6.1	Résultat 01.....	77
4.7	Modification des paramètres des machines	78
4.8	Nouveau Résultat	79
4.9	Interprétation.....	80
4.9.1	Résultat 02.....	81
4.10	L'objectif de l'entreprise	81

La conception d'une chaîne de conditionnement

4.11 Conclusion	82
Conclusion générale	83
Références Bibliographiques	84

La conception d'une chaine de conditionnement

Résumé :

Notre projet de fin d'étude s'est déroulé à la société Moulins Hamamat, une entreprise spécialisée dans la production de farine. Notre mission était de concevoir une chaine de conditionnement de pack 1KG par l'application des notions de "facilities design", ensuite la modélisation et la simulation du chaine avec le logiciel Arena. Dans la première partie de ce manuscrit nous avons décrit les concepts de base et les différents processus concernant le domaine abordé dans notre projet qui est le "facilities design". Dans la seconde partie, nous avons d'abord présenté l'organisme d'accueil, ensuite nous avons commencé la conception de la nouvelle chaine, modéliser et simuler le système sous ARENA.

Enfin, nous avons fait une analyse et une interprétation des résultats pour valider notre travail.

MOTS-CLES: Modélisation, Simulation, taux de production, temps de cycle, Encours WIP.

Abstract:

Our graduation project took place at Moulins Hamamat, a company specializing in the production of flour. Our mission was to design a 1KG pack packaging line by applying the concepts of "facilities design", then modeling and simulation of the chain with the Arena software. In the first part of this manuscript we have described the basic concepts and the different processes concerning the field approached in our project which is "facilities design". In the second part, we first presented the host organization, and then we started the design of the new chain, modeled and simulated the system under ARENA.

Finally, we did an analysis and an interpretation of the results to validate our work.

KEYWORDS: Modeling, Simulation, production rate, cycle time, WIP (work in progress).

ملخص

تم مشروع تخرجنا في شركة مطحنة حمامات ، وهي شركة متخصصة في إنتاج الدقيق. كانت مهمتنا هي تصميم خط تعبئة عبوات 1 كجم من خلال تطبيق مفاهيم "تصميم المرافق" ، ثم نمذجة ومحاكاة السلسلة باستخدام برنامج

.ARENA

قد وصفنا في الجزء الأول من هذه المخطوطة المفاهيم الأساسية والعمليات المختلفة المتعلقة بالمجال الذي تم تناوله في مشروعنا وهو "تصميم المرافق". في الجزء الثاني ، قدمنا أولاً المنظمة المضيفة ، ثم بدأنا في تصميم السلسلة الجديدة ثم قمنا بتصميم ومحاكاة السلسلة الجديدة عبر المحاكاة "ارينا"

أخيراً ، قمنا بتحليل وتفسير النتائج للتحقق من صحة عملنا

الكلمات الرئيسية: النمذجة والمحاكاة ومعدل الإنتاج ووقت الدورة والعمل قيد التقدم

INTRODUCTION GENERALE

Un système de production est un ensemble de ressources et de processus bien déterminé afin d'obtenir un nouveau produit pour satisfaire une demande, parmi les domaines les plus applicables pour l'installation des nouveaux systèmes de production sont le "facilities design", "Factory physics", modélisation et simulation des chaînes de production.

Le "facilities design" est un domaine récent qui sert à trouver des solutions pour l'aménagement des différents types de système (Productif, Administratif...etc.), Les fonctions principales de ce domaine sont (La détermination des ressources les plus adaptés aux besoins de production, la disposition optimale pour les ressources, l'aménagement des surfaces disponible, la circulation des flux entre différentes partie de système et la quantité des flux entrant et sortant, Concernant la partie de la circulation des flux entre les différents station, Le domaine de "FACTORY PHYSICS" traite le comportement de système en terme de passage de produit entre les machines en déterminant les différents paramètres de performance de système, La situation de système (Worst case, Practicale worst case and best case), Pour connaitre les performances de système et ainsi que l'efficacité d'une chaîne de production, la modélisation est le troisième coté du triangle qui est une représentation des systèmes qui nous permet de savoir l'abélite pour réaliser le système et bénéficier une vision prévisionnelle de comportement de système et d'éviter les dégâts auxquels on peut faire face après sa conception .

Dans ce mémoire nous nous s'intéressons à concevoir une nouvelle chaîne d'emballage spécialisé de conditionnement de pack de 1KG de farine de l'entreprise MOULINS HAMAMAT par un stage qui a duré deux mois successifs du 04/04/2021 au 04/06/2021, Le but de ce mémoire est d'étudié la faisabilité de ce projet en se basant sur les trois domaines mentionnés dans l'introduction générale.

Ce mémoire contient quatre chapitres :

- **Chapitre 01** : Des généralités sur la conception des nouvelles chaînes de production
- **Chapitre 02** : Une représentation générale de l'entreprise accueillante en mentionnant les différentes ressources existantes et les nouvelles ressources qu'on peut ajouter.
- **Chapitre 03** : La modélisation de nouveau système en utilisant le logiciel (ARENA)

La conception d'une chaîne de conditionnement

- **Chapitre 04** : La simulation de chaîne de conditionnement avec le logiciel arena avec analyse des performances des résultats obtenus à partir de cette simulation.

CHAPITRE 01

GENERALITES SUR LA CONCEPTION DES NOUVELLES CHAINE DE PRODUCTION

1.1 Introduction

La création ou l'amélioration d'une chaîne de production que ce soit pour résultat tangible (produit fini) ou intangible (service), nécessite un ensemble des ressources matérielles et humains. Le domaine de "facilities design" nous permet de concevoir la meilleure installation possible, autrement dit la plus efficace pour un rendement souhaité. "Facilities design" touche tous les domaines industriels concernant la disposition des machines, l'aménagement des départements, la maîtrise des flux et des coûts afin de maximiser le profit et minimiser les ressources utilisées. Dans ce chapitre nous allons présenter dans un premier temps les travaux précédents de "facilities design" ainsi que l'application de différentes méthodes pour améliorer les chaînes de production, distribution, transport et manutention (Etat de l'art). Dans un second temps nous présentons les concepts généraux de "facilities design".

1.2 Etat de l'art

Pour assurer un maximum de profit et un minimum de perte, l'étude des concepts de "facilities design" sont nécessaires avant l'installation de n'importe quel usine, ou il en est de même pour les chaînes de production existantes.

Compte tenu du nombre de concurrents dans l'économie mondiale, il est important pour les entreprises de réduire le coût et leurs investissements pour gagner une part de marché. Une étude de cas est faite par **Ojaghi Y et al** dans une entreprise de fabrication de boulettes de viande et de pâte à soupe située à Bayan Lepas. Le but de cette recherche c'est de trouver un aménagement fiable qui minimise le temps de déplacement, la manutention et les pertes. Pour cela, ils ont pris plusieurs mesures pour atteindre leurs objectifs. Ils ont été créés à l'aide de deux techniques de conception différentes: **Systematic layout planning (SLP)** et **Graph Based Theory (GBT)**, ensuite ils ont choisi la méthode qui donne le meilleur taux d'efficacité et modifié par l'utilisation de la méthode PEM (Pairwise Exchange Method) avec une augmentation de **4,35%**. Sur la base de cette recherche, ils ont découvert que même avec la configuration la mieux choisie, elle peut être modifiée. Et que la préparation des installations est nécessaire avant toute configuration en usine pour assurer un fonctionnement durable qui minimise les pertes. [13]

Avec la croissance de la demande en besoins technologiques l'entreprise doit adapter ses ressources avec cette augmentation, **En 2016**, une étude faite par **Ali Naqvi S** sur une entreprise multinationale qui fabrique des produits variés, L'objectif de cette méthode est de minimiser le coût et maximiser les profits en utilisant la méthode **SLP** «Systematic layout

La conception d'une chaîne de conditionnement

planing », l'application de cette méthode donne quatre aménagements possible, pour évaluer ces quatre dernières dispositions, des critères sont pris en considération telle que la circulation des flux entre les différents départements, D'après cette étude il a été ont démontré que la conception de disposition est un facteur majeur pour la minimisation des pertes et l'amélioration de la situation économique sur le marché mondiale. [14]

Il est nécessaire de trouver la concordance entre la chaîne de production et le stockage de produits finis, Une étude est faite en **2017** par **Zhang** au niveau mondiale en utilisant des modèles de programmation linéaire pour résoudre les problèmes d'accord entre la production et le stockage ainsi que la gestion des produits dans l'entrepôt afin d'exploitation maximale des ressources, cette étude a pour l'objectif de minimiser le cout de production et ainsi que le cout des opérations nécessaire pour l'entreposage, l'utilisation de la programmation linéaire est limitée par la quantité des données à traiter pour rendre le programme efficace. [15]

L'amélioration dans une entreprise est le résultat des changements appliqués aux ressources matérielles et humains, Et ça est confirmé par **Faisal. M (2017)** qui a introduit le nombre d'opérateur comme une fonction à minimiser ainsi que le facteur de distance à l'intérieur d'un atelier. Le cas étudié est une entreprise ASIEN spécialisé en production alimentaire avec une production faible et un nombre élevé d'opérateurs, L'idée est d'appliquer plusieurs méthodes pour générer 3 scénarios et simuler par le logiciel PRO MODEL 6.0 afin de réduire le nombre d'opérateur et maximiser la production, Le tableau suivant (**Tableau 1.1**) résume les résultats pour les 3 scénarios : Le meilleur résultat correspond au 2^{ème} scénario mais sans pré en considération le facteur d'investissement. [16]

	Taux de production	Nombre d'opérateur	Distance de déplacement
Scénario 01	+15%	-13%	-83%
Scénario 02	+28%	-13%	-87%
Scénario 03	+21%	-13%	-86%

Tableau 1.1 : Les résultats des trois scénarios

La mauvaise division des surfaces est l'un des facteurs majeurs qui influençant le rendement de l'entreprise, En 2017 **TRIAGUS S.D** étudie une entreprise indonésienne qui produit le soja et qui fournit une surface plus que les besoins de production en espace et cela a créer des problèmes et des risques au cours de la production et la manutention pour les opérateurs. Les méthodes utilisées pour améliorer cette disposition sont : le BLOCPLAN et le CORELAP, Les résultats montrent que le BLOCPLAN est plus efficace que le CORELAP pour ce cas avec une différence de **21,35%**. [17]

La conception d'une chaîne de conditionnement

Le déchet est un indicateur mesurable causé par une machine ou tous le processus de fabrication, chaque entreprise aspire de minimiser la quantité de rebuts, Une étude de cas est faite par **TRIAGUS U** en **2018** qui a adopté l'algorithme **BLOCPLAN** pour une entreprise qui produit le savon avec un taux de rebut élevé. L'objectif de cette étude est de diminuer le taux de rebuts de ce processus de fabrication, L'application de cet algorithme donne des résultats meilleurs en termes de taux de production dont l'entreprise a en une augmentation de 204 pièces/Jour. [18]

L'organisation des flux entre les différentes parties d'entreprise est une fonction objective à optimiser, En **2019** une étude de cas d'optimisation des flux est faite par **Aini et al** sur une entreprise de production alimentaire qui produit les pâtes, située à l'Indonésie les auteurs ont appliqué la méthode **BLOCPLAN**, Le résultat ont montré une augmentation importante sur le **R-SCORE** «méthode de classification statistique » de **0,78 à 0,98**. [19]

1.3 Les concepts de facilities design :

Pour qu'une organisation dispose d'une unité de fabrication efficace et efficiente, il est important qu'une attention particulière soit accordée à la disposition des installations. La disposition des installations tient en compte de l'espace disponible, le produit final, la sécurité des utilisateurs et les installations et de la commodité des opérations.

Un aménagement efficace des installations garantit un flux de production, d'équipement et de main-d'œuvre à un coût minimum. L'aménagement des installations examine l'allocation physique de l'espace pour l'activité économique dans l'usine. Par conséquent, l'objectif principal de la planification de l'aménagement des installations est de concevoir un lieu de travail efficace afin de rendre l'équipement et les travailleurs plus productifs.

1.3.1 Définitions :

1.3.1.1 L'entreprise :

L'entreprise est une « unité économique, juridiquement autonome dont la fonction principale est de produire des biens ou des services pour le marché ». [21]

- l'entreprise doit être correctement gérée pour atteindre son objectif déclaré tout en satisfaisant plusieurs objectifs.
- Ces objectifs incluent la production d'un produit ou la production d'un service

La conception d'une chaîne de conditionnement

- à moindre coût,
- de meilleure qualité,
- ou en utilisant le moins de ressources.

1.3.1.2 Facilities design :

C'est l'aménagement et la conception des installations pour des entreprises, à la fois en termes de maximisation de l'efficacité du processus de production et de satisfaction des besoins des employés. L'objectif de base est d'assurer un flux fluide de travail, de matériel et d'informations à travers un système.

1.3.2 Objectifs de facilities design :

- Minimisation des coûts et maximisation des profits.
- Diminution des risques dans les entreprises.
- Optimisation des flux matériaux.

1.3.3 Les domaines d'applications

Facilities design est une étude méliorative applicable qui touche généralement tous les domaines :

- **L'industrie** : Production, stockage, maintenance, approvisionnement. Etc.
- **Transport** : Transport, Manutention...etc.
- **Service** : administration, restauration, santé...etc.

1.3.4 Analyse des équipements et des produits :

Pour accomplir la réalisation d'un produit les responsables de domaine prennent en considération plusieurs points principaux à travers une étude d'environnement. Cette étude contient plusieurs points à analyser comme le choix de fournisseur, procédure, délai de fabrication, date de livraison et le plus important le coût de toute la chaîne logistique. Pour répondre à ces besoins ils ont défini les 5 interrogations, Pourquoi ?, Combien ?, Comment ?, Quand ?, et avec Quoi ?, Dans la partie suivante on s'intéresse à la conception de produit et ainsi que procédure.

La conception d'une chaîne de conditionnement

1.3.4.1 Conception de produit :

La conception est la partie pré-réalisation d'un bien sous la forme d'un dessin technique, des plans. Elle consiste à déterminer les meilleures conditions de produit (Performance, Cout, Qualité...) afin de satisfaire les demandes de client.

1.3.4.2 Conception de procédure :

La conception de procédure est l'ensemble des études à suivre pour réaliser un bien ou un service.

1.3.4.3 Outils de conception de procédure :

Plusieurs outils est disponible pour l'accompagnement des différents étapes de la réalisation de conception de procédé, On cite :

1.3.4.4 Carte de processus :

C'est le parcours prenant par la demande de client depuis la réception jusqu'à la satisfaire.

1.3.4.5 Organigramme de processus :

C'est un trajet spécifique d'un produit la langue de chaîne de production depuis le stockage de matière jusqu'à l'obtention de produit finie.

1.3.4.6 Liste des produits :

L'ensemble des produits produit par l'entreprise.

1.3.4.7 Liste des pièces :

L'ensemble des pièces exploité par l'entreprise pour alimenter la production.

1.3.4.8 Achat au Produire :

C'est une décision à étudier par les managers d'entreprise pour adopter le meilleur choix.

1.3.4.9 Diagramme d'assemblage :

C'est une arborescence dans le but de montrer les différents composants qui construit un produit.

1.3.4.10 Feuille de routage :

C'est un séquençement spécifique des opérations effectué sur un produit. On mentionne chaque machine pour chaque opération.

La conception d'une chaîne de conditionnement

1.3.4.11 Organigramme de processus d'opération :

C'est la combinaison de deux éléments, le diagramme d'assemblage et la feuille de routage pour une vue générale de la circulation à l'intérieur des installations, voir **figure 1.1**

1.3.4.12 Diagramme de précedence :

C'est une représentation graphique des relations de précedence entre les activités d'un projet dans l'objectif de planifier et de déterminer le meilleur chemin pour le réaliser.

1.3.4.13 Besoin en production :

C'est la quantité nécessaire à introduire dans l'entrée de système de production pour une quantité désiré dans la sortie.

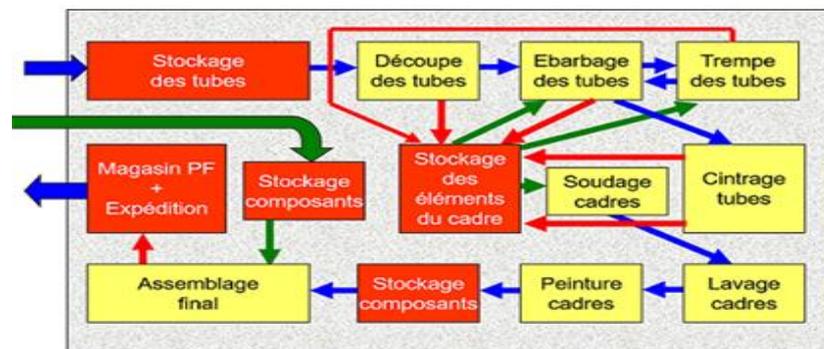


Figure 1.1 : Organigramme de processus de production des cadres

1.3.4.14 Besoin en équipements :

C'est le nombre de machines nécessaire pour compléter une quantité de production souhaitée.

1.3.4.15 Diagramme Homme/Machine :

C'est une représentation de situation marche/arrêt pour la machine et l'opérateur le long de la chaîne de production.

Temps	Opérateur	M1
0.5	U1	UNLOAD
1	U1	UNLOAD
1.5	L1	LOAD
2	L1	LOAD
2.5	I&P	RUN
3	IDLE	RUN
3.5		RUN
4		RUN
4.5		RUN
5		RUN
5.5		RUN
6		RUN
6.5		RUN
7		RUN
7.5		RUN
8	RUN	

Figure 1.2 : La décomposition de temps en marche/arrêt pour Machine/opérateur

La conception d'une chaîne de conditionnement

1.3.4.16 Besoin en personnel :

C'est le nombre des opérateurs nécessaire pour effectuer des tâches bien déterminées.

1.3.4.17 Besoin en espace :

C'est la surface essentielle pour assurer un mouvement fluide entre les différents éléments de l'entreprise.

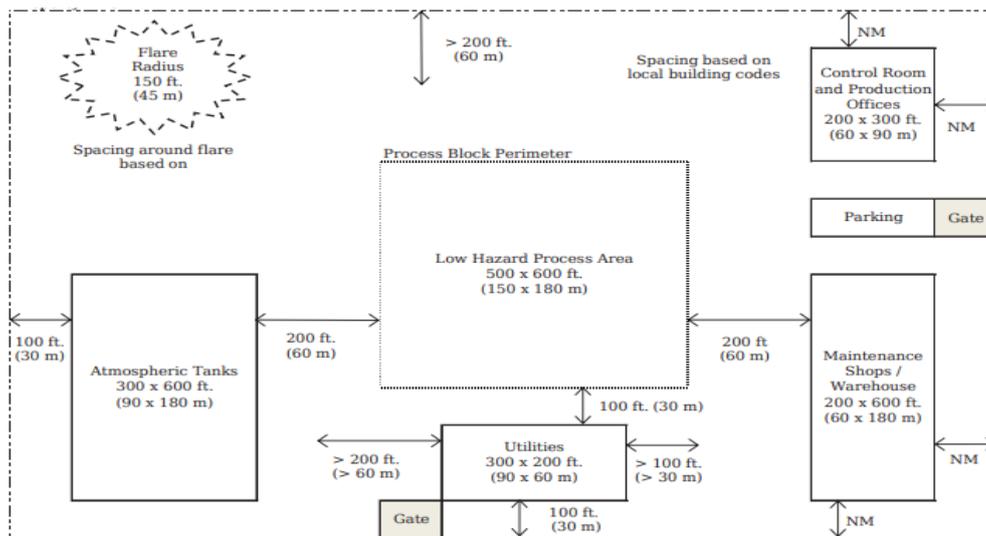


Figure 1.3 : Exemple de Besoin en espace [12]

1.3.5 Analyse de processus et de flux de matériaux :

C'est une opération qui aide à déterminer les flux entre les départements, les machines, les moyennes de transport.

1.3.6 Configuration des ateliers :

On distingue de multiples configurations citées ci-dessous :

1.3.6.1 Flow shop :

Type de processus de fabrication de telle sorte que le Séquencement des opérations bien en chaîné pour fabriquer un seul type de produit.

1.3.6.2 Job shop :

Type de processus de fabrication avec un groupage des machines identique pour une production par lot.

La conception d'une chaîne de conditionnement

1.3.6.3 Project shop :

Type de processus de fabrication dont les ressources sont déplacées vers le produit qui est immobile, comme la production des avions, bateaux...etc.

La figure suivante représente les trois types d'atelier cités précédemment.

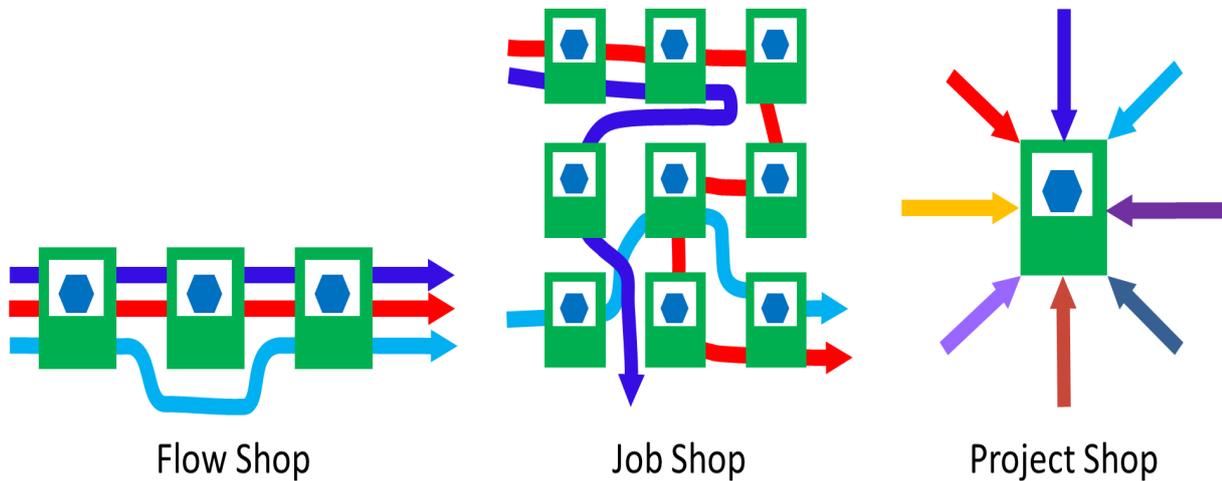


Figure 1.4: (Flow shop, Job shop, Project shop) process

1.3.6.4 Cellular layout :

Il contient des groupes indépendants des machines dissimilaires selon la famille de produit.

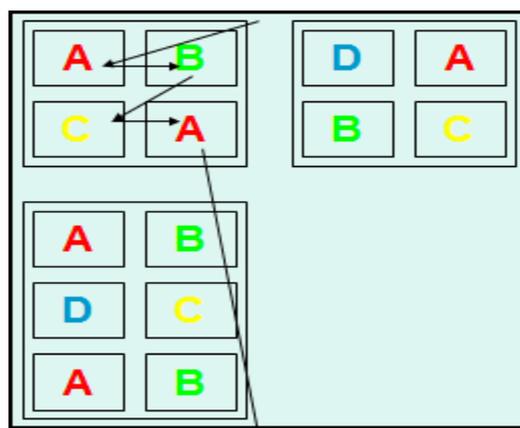


Figure 1.5 : Représentation de Cellular layout

1.3.7 Les données :

Sont l'ensemble des informations correspond à une entreprise spécifique obtenu par un service.

1.3.7.1 Types de données :

1.3.7.1.1 Données quantitatives :

C'est toutes les informations, attributs, variables mesurable comme le flux entre les différents départements ou machines. Dans la majorité des cas on représente ces données par la matrice de flux.

1.3.7.1.2 Données qualitatives :

C'est toutes les données qui consiste à exprimer une situation, Définir des relations et la corrélation entre les différents éléments d'une entreprise, On peut interpréter ces données avec le diagramme d'adjacence (Relationship chart).

1.3.8 Distance :

C'est l'écart entre deux points (deux machines, deux départements...), On peut la mesurer par plusieurs méthodes qui sont :

- Euclidienne : $\sqrt{[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2]}$.
- Tchebychev : (x_1, y_1) , and $(x_2, y_2) \rightarrow \max(y_2 - y_1, x_2 - x_1)$.
...etc.

1.3.9 Evaluation d'une disposition :

Pour savoir la performance pour une disposition il suffit d'évaluée selon les critères suivant : le coût, la distance, le nombre de voyage...etc.

1.3.9.1 SLP (Systematic layout planning) :

C'est une démarche développée par Richard Mather en 1961. C'est une méthode d'implantation ou de réimplantation [26].

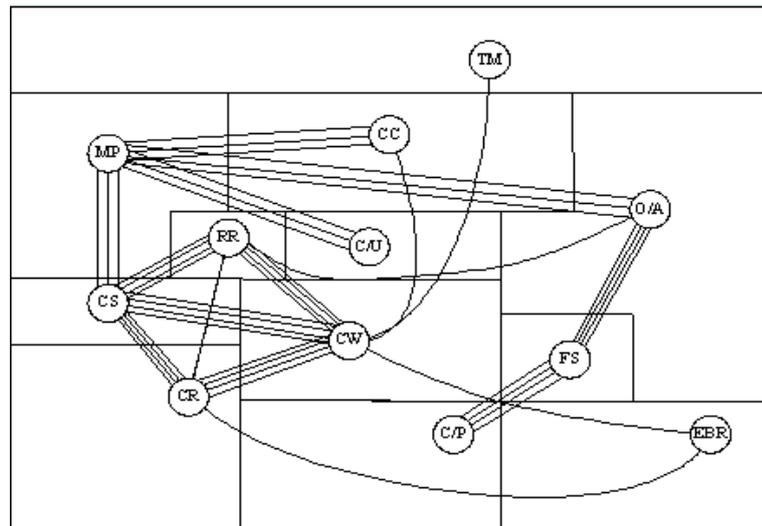


Figure 1.6 : Exemple d'un SLP organigramme

1.3.10 Algorithmes et méthodes

Il existe des algorithmes et des méthodes pour concevoir ou améliorer une installation.

1.3.10.1 Algorithme MST (modified spanning tree) (Algorithme de construction):

C'est un algorithme à plusieurs étapes qui permet de concevoir la plus adéquate disposition en basant sur la matrice des flux, Les dimensions des machines, la matrice de clearance.

1^{er} Etape : Calculer la matrice de poids d'adjacence avec la formule suivant :

$$f'_{ij} = (f_{ij})(d_{ij} + 0.5 (l_i + l_j))$$

f_{ij} : Flux entre la machine (i) et (j).

l_i : Longueur de machine(i).

l_j : Longueur de machine (j).

d_{ij} : Distance entre la machine(i) et (j).

2^{ème} Etape : Sélectionner le plus grand élément de [**f'ij**] et les i, j correspondants. Désignons cette paire de i, j par i*, j*, Puis Connectez les machines i*, j*, Définir $f'_{i^*j^*} = f'_{i^*i^*} = -$ infinité.

3^{ème} Etape : Trouver le plus grand élément f'_{i^*k}, f'_{j^*l} de la ligne i*, j* de la matrice

La conception d'une chaîne de conditionnement

Si $f_{i^*k^*} > f_{j^*l^*}$ connecter k à i^* , supprimer la ligne i^* , colonne i^* à partir de la matrice et définissez $i^* = k$.

Sinon, connectez l à j^* , supprimez la ligne j^* , la colonne j^* de la matrice et définissez $j^* = l$.

Définir $f'_{i^*j^*} = f'_{i^*i^*} = -\infty$.

4^{ème} Étape : Répéter l'étape 3 jusqu'à connecter toutes les machines.

1.3.10.2 Méthode graphique "Graphe théoritical Method " :

C'est une méthode dédiée à la construction des dispositions pas nécessairement optimale mais elle peut être améliorée par d'autres algorithmes tels que 2-OPT, recuit simulé...etc.

1^{er} Étape : Identifiez la paire de départements dans la matrice de flux avec le flux maximal.

Placez les nœuds correspondants dans un nouveau PAG et connectez-les.

2^{ème} Étape : À partir des lignes correspondant aux nœuds connectés dans la matrice de flux, sélectionnez le nœud qui n'est pas encore dans le PAG et qui la plus grande valeur flux avec les nœuds connectés.

3^{ème} Étape : Mettez à jour le PAG en connectant le nœud sélectionné à ceux de l'étape 2. Cela forme une face triangulaire dans le PAG.

4^{ème} Étape: Pour chaque colonne de la matrice de flux correspondant à un nœud non présent dans le PAG, examinez la somme des entrées de flux dans les lignes correspondant aux nœuds de la face triangulaire sélectionnée à l'étape 3. Sélectionnez la colonne pour laquelle cette somme est le plus large. Mettez à Mis à jour PAG en plaçant le nœud correspondant dans la face sélectionnée et connectez-le aux nœuds de la face. Cela forme trois nouvelles faces triangulaires.

5^{ème} Étape : Sélectionnez arbitrairement l'une des faces formées et passez à l'étape 4. Répétez l'étape 5 jusqu'à ce que tous les nœuds aient été inclus dans le PAG.

La conception d'une chaîne de conditionnement

1.3.10.3 Algorithme 2-OPT (algorithme d'amélioration) :

C'est un algorithme d'amélioration des dispositions déjà existée en basant sur des solutions initiales, Pour dérouler cet algorithme on définir les étapes suivantes :

1^{er} Etape : Soit S la solution initiale fournie par l'utilisateur et z son OFV (fonction objectif). Définir $i = 1; j = i + 1 = 2$.

2^{ème} Etape : Considérons l'échange entre les positions des départements i et j dans la solution S . Si l'échange aboutit à une solution S' qui a une (**fonction objective**) $z' < z$, posez $z^* = z'$ et $S^* = S'$. Si $j < mn$, définir $j = j + 1$; sinon, définissez $i = i + 1, j = i + 1$. Si $i < mn$, répétez l'étape 2; sinon, passez à l'étape 3.

3^{ème} Etape : Si S non égale S^* , définissez $S = S^*, z = z^*, i = 1, j = i + 1 = 2$ et passez à l'étape 2. Sinon, renvoyez S^* comme la meilleure solution à l'utilisateur.

1.3.10.4 Algorithme 3-OPT : (algorithme d'amélioration)

C'est un algorithme d'amélioration et d'ajustement des dispositions déjà trouvé, On énumère les étapes d'application :

1^{er} Etape : Soit S la solution initiale et z son (**FO**); Définir $S^* = S, z^* = z, i = 1; j = i + 1; k = j + 1$.

2^{ème} Etape : On considérer le changement de la position du département (**i**) à celle de (**j**), (**j**) à celle de (**k**) et (**k**) à celle de (**i**), simultanément. Si la solution résultante a une (**FO**) $z' < z$, définissez $z^* = z'$ et $S^* = S'$.

3^{ème} Etape : Si $k < mn$, définissez $k = k + 1$ et répétez l'étape 2. Sinon, définissez $j = j + 1$ et vérifiez si $j < mn - 1$, Si $j < mn - 1$, définissez $k = j + 1$ et répétez l'étape 2. Sinon, définissez $i = i + 1, j = i + 1, k = j + 1$ et vérifiez si $i < mn - 2$, Si $i < mn - 2$, répétez l'étape 2. Sinon, passez à l'étape 4.

4^{ème} Etape : Si S égale pas S^* , définissez $S = S^*, z = z^*, i = 1, j = i + 1, k = j + 1$ et passez à l'étape 2. Sinon, renvoyez S^* comme la meilleure solution au utilisateur.

1.3.11 Les logiciels de disposition :

Il existe des problèmes qui nécessitent des centaines des itérations pour les résoudre, Et pour cela l'intégration de l'informatique (programmation) est primordiale pour atteindre les objectifs souhaités, Dans la partie suivante on va définir des logiciels connus pour la résolution ce genre des problèmes.

CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique): C'est un outil d'amélioration des dispositions des installations déjà existées en basant sur des données : matrice des flux, Matrice des coûts, Matrice des distances et la disposition actuelle, L'utilisation de CRAFT est primordiale dans le cas où le nombre de départements est grand et le calcul manuel est devient difficile.

BLOCPLAN : C'est un système de conception et d'arrangement des dispositions comme le CRAFT, La différence de fonctionnement entre le BLOCPLAN et le CRFAT c'est que le BLOCPLAN peut utiliser le tableau des relations (Relationship chart) comme des données d'entrées d'autre part le CRAFT utilise que les données (From to chart) comme des entrées.

PFAST (Production Flow Analysis and Simplification Toolkit) : C'est un outil qui a automatisé la méthode manuel (**PFA**) qui analyse le flux de production, conception des cellules de fabrication et des installations, l'objectif de cette méthode manuel est d'éliminer les retards de flux de production, opérations et réduction des déchets, Le PFAST permet de générer quatre layout pour satisfaire le besoin de PFA : Functional layout, Cellular layout, Modular layout, and Hybrid layout.

VIP-PLANOPT : (Visually Interfaced Package - floor-PLAN layout Optimization): C'est un progiciel de haute performance. Il génère des solutions pour des dispositions industrielles de différentes tailles (petites, moyennes et grands taille).

FLOWPATH : C'est un logiciel puissant et facile à utiliser. Il crée pour résoudre les problèmes de "facilities design" dans le domaine hydraulique, Il permet de calculer les distributions de charge hydraulique en régime permanent, les vitesses des eaux souterraines, les trajectoires, les temps de trajet...etc.

1.3.12 La manutention au sein d'entreprise :

La manutention d'objets et de matériaux représente des opérations de chargement, de déchargement et de transport qui s'effectuent manuellement ou mécaniquement [19]

La conception d'une chaîne de conditionnement

1.3.13 Système de manutention :

C'est l'ensemble des ressources met en service pour garantir le déplacement des produits et matériaux à l'intérieur d'une zone (zone de production, zone de distribution, stockage et entreposage), Pour concevoir un système de manutention, plusieurs points principales sont prises en considération :

1^{er} point à considérer : le produit fabriqué

Etat physique	Poids	Forme	Taille	Conditionnement	Risque et Sécurité
Solide	Poids par lot	Carré, triangle,...	Volume, largeur,	Froid, Chaud, sec,....	inflammable, explosif,
Liquide					Fragile...
Gazeux	Poids par pièce		Longueur,....		

Tableau 1.2 : Représentation des différents états de produit transporté

2^{ème} point à considérer : Le débit de flux

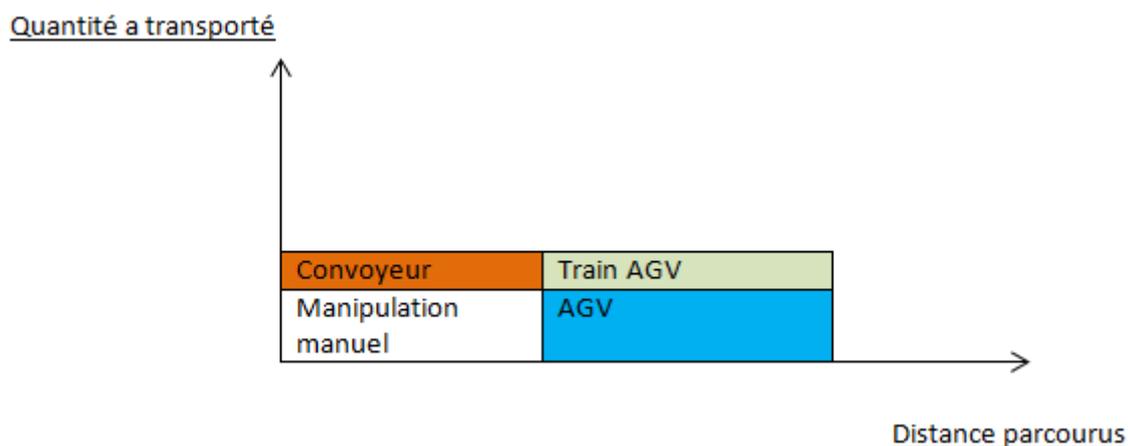


Figure 1.7 : Les critères de choix de moyen de manutention

3^{ème} point à considérer : Type d'atelier :

La conception d'une chaîne de conditionnement

Type de disposition	Caractéristique de disposition
Disposition fixe	Grand taille de produit et faible taux de production
Selon le processus	Variation de produit, taux de production faible et moyenne
Selon le produit	Variation de produit limité avec un taux de production élevé

Tableau 1.3 : Caractéristiques de disposition par rapport au type de disposition

1.3.13.1 (System automatic guided vehicles) AGV:

C'est un système de transport intérieur, Il est Utilisé pour transporter, stocker, déstocker, charger, décharger les matériaux et les produits avec des chemins prédéfinis à suivre.

Le **Tableau 1.4** qui résume les notions majeurs concernant l'AGV

Condition d'utilisation	Facteur influence l'efficacité	Conception de chemin	Formules
-Avoir un sol plat.	-Conception de chemin	-infrastructure -La localisation de pick-up and drop-off stations	$-Tc = TL + \frac{Ld}{Vc} + TU + \frac{Le}{Vc}$
-Langue trajet.		- congestion/blocage	- $AT = 60.A.Tf.E$
-Avoir un rythme de production régulière.	-Nombre d'AGV. -Contrôle du trafic.	- La configuration : Conventionnelle, Tandem.	- $Rdv = \frac{AT}{Tc}$ - $WL = Rf.Tc$ - $Nc = \frac{WL}{AT} = \frac{Rf}{Rdv}$

Tableau 1.4 : Résumé sur l'application de l'AGV

Tc (unité de temps) : temps de cycle : le temps nécessaire pour accomplir un cycle

TL (unité de temps) : temps de chargement

Tu (unité de temps) : temps de déchargement

Ld (unité de mesure) : distance parcourus en charge

Le (unité de mesure) : distance parcourus à vide - **WL** (min/h) : charge de travail

La conception d'une chaîne de conditionnement

V_c (unité de mesure)/ (unité de temps) : Vitesse de l'AGV

AT : temps disponible par heure par véhicule

A (unité de temps) : Disponibilité

Tf : facteur de trafic - **Rf** (unité transporter)/ (unité de temps) : Programme de livraison

E : efficacité

Rdv : taux de livraison par heure par véhicule

Nc : nombre de véhicule nécessaire

1.3.13.2 Convoyeur :

Il est utilisé pour déplacer une grande quantité avec une longue distance.

Le **Tableau 1.5** qui résume les notions majeures des convoyeurs

Modèles de convoyeur	Type de convoyeur	Formules Conv.sens unique	Formules Conv.Boucle continue
-Rouleaux	-A sens unique	$-Td = \frac{Ld}{Vc}$	$-L = Ld+Le$
-Galets	-Boucle continue	$-Rf=Rl = \frac{Vc}{Sc} < \frac{1}{Tl}$	$-Tc = \frac{L}{Vc}$
-Courroie		$-Tu \leq Tl$	$-Td = \frac{Ld}{Vc}$
		$-Rf = \frac{Vc}{Sc} . np \leq \frac{1}{Tl}$	$-Nc = \frac{L}{Sc}$
		$-Nc = \frac{WL}{AT} = \frac{Rf}{Rdv}$	-nombre de pièce $=nc.np. \frac{Ld}{L}$
			$-Rf = \frac{np.Vc}{Sc} < \frac{1}{Tl}$

Tableau 1.5 : Résumé sur les convoyeurs

Td (min): temps de livraison

Tc(min) : temps de cycle

L(m) : Longueur totale de convoyeur

Ld (m): Distance entre station de chargement et station de déchargement

Le(m) : Longueur de la boucle de retour

La conception d'une chaîne de conditionnement

Vc (m/min): Vitesse de convoyeur

Rf (pièce/min): Flux de produit

Rl (pièce/min): taux de chargement

Sc (m): Distance centre-a-centre entre les pièces sur le convoyeur, Distance centre-a-centre entre les bacs sur le convoyeur

Tl (min): temps de chargement

np : nombre de pièce par bac

Tu (min): temps de déchargement

nc : nombre de bacs

1.3.13.3 Les robots industriels :

Ce Sont des Moyens de transport intérieur sophistiqué avec une grande efficacité, D'autre part très couteux.

Dans le **Tableau 1.6** on va donner une vue général sur les robots

Type de Cellule	Position de robot	Situation
Cellule de travail centré	Le robot est fixé au centre	-Forte utilisation -Livraison par pièce -Alimentation d'ensemble des machines
Cellule de travail linéaire	Les robots est le long de chaîne	-Séquencement des opérations bien déterminé (assemblage)
Cellule de travail mobile	Robot mobile par rail	-Des multitâches a différents endroit.

Tableau 1.6 : Les différentes applications de robot

1.3.14 Système de stockage :

Ensemble des ressources interagies entre eux afin d'assuré par l'entreprise pour le stockage de matière première ou des produits finis.

1.3.14.1 Système de stockage classique :

C'est un Système de stockage manuel avec des ressources basiques pour assurer la fonction de stockage et déstockage

1.3.14.2 Système de stockage automatisé :

C'est un système de stockage automatisé avec des équipements sophistiqué garantit une grande efficacité avec meilleur coordination. Ce système est nommé AS/RS (Automated storage/retrieval system) qui est une installation composé de plusieurs partie (API, Moteurs, Casiers...etc.)

La conception d'une chaîne de conditionnement

Pour plus des détails voici le **Tableau 1.7** et le **Figure 1.8** :

Type d'AS/RS	Piliers de conception d'AS/RS	Zone d'application
-A charge unitaire	-Dimension de l'article a stocké	-Zone de stockage
-A mini charge		-Zone d'entreposage
-A personne embarqué	-Dimension de l'espace	
-A étagère profonde	-Nombre de produit et taux de production	
-A convoyeur gravitationnel	-taux de cycle	

Tableau 1.7 : Résumé sur les AS/RS

1.4 Conclusion

La réussite de ce projet dépend de l'application des notions de "facilities design" pour trouver le meilleur modèle qui représente cette chaîne de conditionnement, Dans ce premier chapitre nous avons défini les différents mots clés de "facilities design". Dans le prochain chapitre, Nous allons présenter les étapes de conception de la chaîne de conditionnement.

CHAPITRE 02

PRESENTATION D'ENTREPRISE ET LA CONCEPTION DE LA CHAÎNE DE CONDITIONNEMENT

2) CHAPITRE 02 : Présentation d'entreprise et la conception de la chaîne de conditionnement.

2.1 Introduction

Chaque entreprise souhaite d'être la meilleure par l'amélioration de ces ressources actuelle ou par ajouter des nouvelles ressources qui permette de rivaliser les concurrents du marché. Dans ce chapitre nous allons discuter sur la disposition d'une nouvelle chaîne de production.

2.2 Partie 01 :

2.2.1 Présentation de l'entreprise (MOULINS HAMAMAT) :

Les moulins HAMAMAT est une entreprise économique sous la forme juridique SARL «Société à responsabilité limitée» mise en marche en 2013 spécialisé en production de farine, L'entreprise est actif au niveau de zone industrielle-DAYRA D'AIN EL ARBAA-COMMUNE D'AIN EL ARBAA-LA WILAYA AIN TEMOUCHENT sur une surface de 10 000 m². Les moulins HAMAMAT a 27 employés (Chef de production, Chef maintenance, Conducteur de nettoyage, Responsable commercial, Comptable, Agent de sécurité, Simple main d'œuvre...etc.

L'unité de production el HAMAMAT est divisée en deux parties principales :

La partie manuelle : Contient deux sous station qui sont :

Station de nettoyage :

Contient plusieurs équipements, sa fonction est de nettoyer et de préparer le blé pour le broyer et le convertissez, les **tableaux 2.1, 2.2 et 2.3** mentionnent la liste des équipements de cette sous station.

Station de broyage :

C'est la station qui est chargé à broyer et convertir le blé tendre a la farine comme un produit principale et le son comme un produit secondaire. On distingue deux équipements principales : Equipement pour le broyage qui s'appelle l'appareilles cylindre et l'équipement pour le tamisage qui s'appelle le planchister, Voir le **tableau 2.4**.

La partie semi-automatique : Contient une seule station pour le broyage et le tamisage

(Appareils cylindre et planchister), Contrôlées par un API

La conception d'une chaîne de conditionnement

N°	MACHINES	Codification STATION/SECTION/NOM- MACHINE/N°-MACHINES	Qté
01	ELEVATEUR	NETT/PRIM/ELE/01	1
02	SEPARATEUR	NETT/PRIM/SEP/01	1
03	Canal-DAIRE	NETT/PRIM/C-D/01	1
04	EPIERREUR	NETT/PRIM/EPI/01	1
05	ASPIRATEUR DE POUSSIÈRE	NETT/PRIM/ASP/01	1
06	CYCLONE DE POUSSIÈRE	NETT/PRIM/C-D-P/01	1
07	ECLUSE A AIR	NETT/PRIM/ECLS/01	1
08	ELEVATEUR	NETT/PRIM/ELE/02	1
09	TRIEUR	NETT/PRIM/TRI/01	1
10	ECORCEUR HORIZONTAL	NETT/PRIM/ECORC/01	1
11	VBRO CANAL D'AIR	NETT/PRIM/V-C-D-A/01	1
12	ASPIRATEUR DE POUSSIÈRE	NETT/PRIM/ASP/02	1
13	CYCLONE DE POUSSIÈRE	NETT/PRIM/C-D-P/02	1
14	ECLUSE A AIR	NETT/PRIM/ECLS/02	1
16	INSTALLATION D'ASPIRATION	NETT/PRIM/INST-ASP/01	1
17	CHASSIS SECTION DE NETTOYAGE	NETT/PRIM/C-S-D-N/01	1

Tableau 2.1 : Les ressources de l'entreprise

La conception d'une chaîne de conditionnement

N°	MACHINES	<u>Codification</u> STATION/SECTION/NOM-MACHINE/N°- MACHINE	<u>Qté</u>
01	ELEVATEUR	NETT/DEP/ELE/01	1
02	DEBIMETER	NETT/DEP/DBMTR/01	1
03	MOUILLEUR INTENSIF	NETT/DEP/MOUI-INTSF/01	1
04	CONVOYEUR A VIS	NETT/DEP/CNVR-VS/01	1
05	DEMPENING DEPOT CAPACITE 15 TONNES	NETT/DEP/D-DEPOT-15T/01	2
06	MACHINE DE MESURE PACAL	NETT/DEP/MCH-D-MES-PCL/01 NETT/DEP/MCH-D-MES-PCL/02	2
07	CONVOYEUR A VIS	NETT/DEP/CNVR-VS/02	1
08	ELEVATEUR	NETT/DEP/ELE/02	1
09	DEBIMETER	NETT/DEP/DBMTR/02	1
10	MOUILLEUR INTENSIF	NETT/DEP/MOUI-INTSF/02	1
11	CONVOYEUR A VIS	NETT/DEP/CNVR-VS/03	1
12	DEMPENING DEPOT CAPACITE 15TONNES	NETT/DEP/D-DEPOT-15T/02	2
13	MACHINE DE MESURE	NETT/DEP/MCH-D-MES/02	2
14	CONVOYEUR A VIS	NETT/DEP/CNVR-VS/04	1
15	ELEVATEUR	NETT/DEP/ELE/03	1
16	INSTALLATION D'ASPIRATION	NETT/DEP/INST-ASP/01	1
17	CHASSIS SECTION DU 2eme MOUILLAGE	NETT/DEP/CHASIS-2 ^{ème} MOUILLAGE/01	1

Tableau 2.2 : Les ressources de l'entreprise

La conception d'une chaîne de conditionnement

N°	MACHINES	<u>Codification</u> STATION /SECTION/NOM- MACHINE/N°-MACHINE	<u>Qté</u>
01	SEPARATEUR MAGNETIQUE	NETT/DER/SEP-MAGN/01	1
02	ECORCEUR HORIZONTAL	NETT/DER/ECORC/01	1
03	RADYAL TARAR	NETT/DER/RDYL-TRR/01	1
04	ELEVATEUR	NETT/DER/ELE/01	1
05	B1 DEPOT	NETT/DER/B1-DEPOT/01	1
06	INSTALLATION D'ASPIRATION	NETT/DER/INST-ASP/01	1
07	FINAL CHASSIS STATION DE NETTOYAGE	NETT/DER/FIN-CHASSIS/01	1

Tableau 2.3 : Les ressources de l'entreprise

La conception d'une chaîne de conditionnement

N°	MACHINES	Codification STATION/SECTION/NOM- MACHINE/N°-MACHINE	Qté
01	APPAREIL A CYLINDRE	PRO/MOTR01/AP-C/01 PRO/MOTR01/AP-C/02 PRO/MOTR01/AP-C/01	3
03	DETACHEUR	PRO/MOTR01/DETCR/01	2
04	3 Ecluse B1 B2,C1 C2	PRO/MOTR01/ECLS/1...3	3
05	9 Ecluse pour planchister	PRO/MOTR01/ECLS/4...12	
04	BROSSE DE SON	PRO/MOTR01/BRS-SON/01	1
05	PLANSICHTER CARRE	PRO/MOTR01/PLNCH/01	1
06	Ecluse pour bouche	PRO/MOTR01/ECLS/13..15	
07	VANTILLATEUR A HAUTE PRESSION	PRO/MOTR01/VANT-H.PRS/01	1
08	FILTRE SUPERSONIC	PRO/MOTR01/FLTR-SPR-SONIC/01	1
09	ECLUSE An AIR	PRO/MOTR01/ECLS/16	1
10	BLOWER POMPE	PRO/MOTR01/BLWR-PMP/01	1
11	La vise collectrice	PRO/MOTR02/VIS-CLCTRC/01	
12	DOUBLE CONVOYEUR A VIS	PRO/MOTR01/CNV/01	1
13	ENSACHESE	PRO/MOTR01/ENSCHS/01 PRO/MOTR01/ENSCHS/01 PRO/MOTR01/ENSCHS/01	3
14	INSTALLATION PNEUMATIQUE	PRO/MOTR01/INST-PNE/01	1
15	INSTALLATION D'ASPIRATION	PRO/MOTR01/INST-ASP/01	1
16	CHASSIS SECTION DE MOTEUR	PRO/MOTR01/CHASSIS-SE-MOT/01	1

Tableau 2.4 : Les ressources de l'entreprise

La conception d'une chaîne de conditionnement

N°	MACHINES	Codification STATION/SECTION/NOM-MACHINE/N°- MACHINE	Qté
01	Brosse à blé	PRO/MOTR02/BRS-BLE/01	1
02	Brosse à son	PRO/MOTR02/BRS-SON/01	1
03	Appareil cylindre	PRO/MOTR02/AP-C/1...4	4
04	Planchister carre	PRO/MOTR02/PLNCH/01	1
05	3ECLUSE pour la bouche	PRO/MOTR02/ECLS/1..3	1
06	2Ecluse pour B1 C1	PRO/MOTR02/ECLS/4,5	1
07	2ecluse pour B2 C2	PRO/MOTR02/ECLS/6,7	1
08	2ECLUSE pour B3 C3	PRO/MOTR02/ECLS/8,9	1
09	1ecluse pour B4 C4	PRO/MOTR02/ECLS/10	1
10	9(5+4) ECLUSE pour planchister	PRO/MOTR02/ECLS/11..19	1
11	1Ecluse	PRO/MOTR02/ECLS/20	1
12	La vise collectrice	PRO/MOTR02/VIS-CLCTRC/01	1
13	Canal d'aspiration	PRO/MOTR02/C-ASP/01	1
14	Grand moteur	PRO/MOTR02/G-MOT/01	1
15	Elévateur	PRO/MOTR02/ELE/01	2

Tableau 2.5 : Les ressources d'entreprise

2.2.2 La production dans l'entreprise moulins HAMAMAT :

L'unité de production reçoit chaque jour une quantité de 20 à 24 tonnes de blé tendre, le taux de production est imposé par l'état pour la farine, le **tableau 2.6** qui montre les pourcentages imposés :

Farine	Son	Déchets
73%	26%	1%

Tableau 2.6 : Les pourcentages imposés par l'état

2.3 Partie 02 :

2.3.1 Introduction de la nouvelle chaîne :

Actuellement l'entreprise produit de farine en vrac (10 KG, 25KG, 50KG), la possibilité d'ajouter une nouvelle chaîne de production pour farine le pack 1KG et cela va ouvrir un nouveau part de marché. Par la suite nous allons vous montrer toutes les détails de cette étude.

2.3.2 Le processus de fabrication de la nouvelle chaîne :

La nouvelle chaîne assurer la fonction conditionnement, Elle reçoit chaque jour une quantité bien déterminé de matière première (FARINE) pour réaliser **5500** pack de farine de **1KG** par jour.

La ligne de production est composée d'une station de remplissage qui est la première station de traitement composée de plusieurs sous station qui assurent les opérations suivant :

- Attacher le pack vide avec une ventouse pneumatique.
- Former le pack par envoyer l'air comprimé.
- Faire le remplissage.
- Affiner le devant du pack.
- Passer le pack au 2ème station.

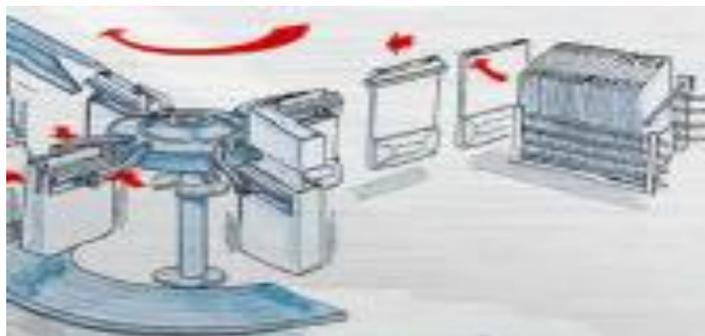


Figure 2.1 : représentation des étapes précédentes

La conception d'une chaîne de conditionnement

La deuxième station assure la fermeture des packs, elle est composée de plusieurs sous station, qui assurent eux même plusieurs opérations qui sont :

- Faire le pré pliage.
- Couper l'excès de papier.
- Le premier pliage.
- Application de colle.
- Faire le 2ème pliage.
- Ajouter la date de production et la date de péremption.
- Passer le pack au 3ème machine

Voir la **figure 2.2**



Figure 2.2 : Les différentes étapes de la 2^{ème} machine

La troisième station qui assure la formation de fardeau, elle est composée de deux stations, qui assurent les opérations suivantes :

- L'assemblage de fardeau.
- Emballer le pack par un couvert en plastique.
- Passer à l'échauffement.
- Passer le pack au convoyeur de transport

Voir la **figure 2.3** qui représente la forme de fardeau pour le pack de 1KG, 2KG et 5KG

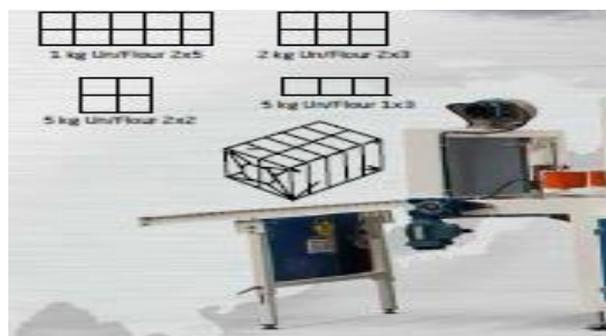


Figure 2.3 : La dernière étape de la fardeleuse

La conception d'une chaîne de conditionnement

La quatrième station est la station de préparation du produit à transporter, elle contient deux sous station, qui sont :

- Station robotisé contient un robot palettiseur sert à transporter les fardeaux de convoyeurs à l'emballeuse.
- Station de l'emballage qui contient une emballeuse semi-automatique sert à emballer les palettes

2.3.3 Description des équipements de la nouvelle chaîne :

Dans ce qui suit nous allons décrire tous les équipements de la nouvelle chaîne de conditionnement

Remplisseuse :

C'est une machine rotatif chargé de remplir les sachets par la farine en commençant par l'attachement de sachet avec la ventouse, Ensuite gonflé le sachet et adapter sa forme, En fin elle faite le remplissage de façon très précis, Voir la **figure 2.4** et le **tableau 2.7**.



Figure 2.4 : Remplisseuse

Machine	Remplisseuse
Opération	Remplissage
Taux de production	36-38 pack/min
Sensibilité	0.5%_5g/1000g
Energie	Électrique/Pneumatique
Constructeur	SAGBIL (TURQUIE)
Dimensions (mm)	1900*2000

Tableau 2.7 : Fiche technique de remplisseuse

La conception d'une chaîne de conditionnement

Machine de fermeture

Cet équipement conçu pour la fermeture de pack de farine en plusieurs étapes. La première étape consiste à couper l'excès de papier, ensuite le plier deux fois, enfin coller le pack et le mettre la date de production et de péremption, Voir le **figure 2.5** et le **tableau 2.8**.



Figure 2.5 : Machine de fermeture

Machine	Machine de fermeture
Opération	Fermeture
Taux de production	30 pack/min
Energie	Électrique/Pneumatique
Constructeur	SAGBIL (TURQUIE)
Dimensions (mm)	2400*870

Tableau 2.8 : Fiche technique de M. fermeture

Fardeleuse

Cette machine forme des fardeaux de pack de farine ensuite elle passe au four, Voir la **figure 2.6** et le **tableau 2.9**.



Figure 2.6 : Fardeleuse

Machine	Fardeleuse
Opération	Fardelage
Taux de production	-22 pack/min assemblage de Fardeau. -24 pack/min échauffement
Energie	Électrique/Pneumatique
Constructeur	SAGBIL (TURQUIE)
Dimensions (mm)	5000*2200

Tableau 2.9 : Fiche technique de fardeleuse

La conception d'une chaîne de conditionnement

Robot palettiseur

Ce robot forme des palettes à travers les fardeaux formé par le fardeleuse ; Voir la **figure 2.7** et le **tableau 2.10**.



Figure 2.7 : Robot palettiseur

Machine	Robot Palettiseur (R160)
Opération	Palettisation
Taux de production	100 pack/min
Energie	Électrique/Pneumatique
Poids supporté	10 - 40 KG
Constructeur	FISCHBEIN (France)
Mouvement	4 degré de liberté
Dimensions(ILOS) (mm)	3500*3000

Tableau 2.10 : Fiche technique de Robot palettiseur

L'Emballeuse

C'est un équipement semi-automatique sert a d'emballer les palettes de différents dimensions, la **figure 2.8** et le **tableau 2.11** représentent les caractéristiques de l'emballeuse.



Figure 2.8 : Emballeuse

Machine	Emballeuse à palette (Mach 1 HPX)
Opération	Emballage
Vitesse de table	Jusqu'à 16 Tr/min
Taux d'emballage	Jusqu'à 0.33 palette/min
Energie	Électrique
Poids supporté	Jusqu'à 2000KG
Constructeur	MACH 1 (Canada)
Palette supporté	1422.4*1422.4*203.2
Dimensions (mm)	2438.4*1219.2

Tableau 2.11 : Fiche technique d'emballeuse

La conception d'une chaîne de conditionnement

Convoyeur à rouleau gravitationnel

C'est un équipement dédié à la manutention des fardeaux, pour notre cas d'étude nous allons personnaliser un convoyeur selon le cahier de charge Voir la **figure 2.9** et le **tableau 2.12**.



Figure 2.9 : Convoyeur à rouleau

Machine	Convoyeur à rouleaux
Opération	Manutention
Capacité	Jusqu'à 10 fardeaux
Energie	Mécanique
Poids supporté	Jusqu'à 100KG
Constructeur	NEOVEUR (France)
Dimensions (mm)	2000*700

Tableau 2.12 : Fiche technique de convoyeur

La Palette

Pour notre besoin de logistique, Nous allons exploiter la palette d'Europe «Euro palette» ou (EPAL) pour assurer la flexibilité de la manutention au sein d'entreprise.



Figure 2.10 : Palette EPAL

Matériel	Palette
Opération	Manutention
Capacité	Jusqu'à 10
Matière	Bois
Poids supporté	Jusqu'à 1500KG
Constructeur	(Europe)
Dimensions (mm)	1200*800*144

Tableau 2.13 : Fiche technique d'EPAL

La conception d'une chaîne de conditionnement

2.3.4 L'adaptation des ressources selon la quantité de production désirée :

Notre entreprise MOULINS HAMAMAT a un objectif de produire 5500 kg par jour de farine de pack de 1KG, selon cette quantité, nous allons calculer toutes les paramètres suivants :

- Nombre de machine.
- La quantité de matière première entrant pour chaque machine.

2.3.5 Nombre de machine :

Pour déterminer le nombre des machines pour chaque modèle, Nous allons appliquer la formule mathématique suivante.

$$NM = \left\lceil \frac{tP}{\tau\eta} \right\rceil$$

Formule 2.10

NM : Nombre de machine.

T(h) : Temps nécessaire pour traiter 1 pièce.

P(p/j) : Taux de production désiré.

$\tau(h)$: Temps totale disponible

η : Disponibilité de la machine

En appliquant la formule 2.1, on obtient les résultats mentionnés dans le **tableau 2.14**

Hypothèse : 8h de travail et un taux de rebut de **1%**

$$\text{Machine 01 (Ensacheuse)} : NM = \frac{\frac{1}{36} * \frac{1}{60} * 5500}{8 * 0.99} = \mathbf{0.321 \approx 1}$$

$$\text{Machine 02 (Fermeture)} : NM = \frac{\frac{1}{30} * \frac{1}{60} * 5500}{8 * 0.99} = \mathbf{0.385 \approx 1}$$

$$\text{Machine 03 (Fardeuse)} : NM = \frac{\frac{1}{24} * \frac{1}{60} * 5500}{8 * 0.99} = \mathbf{0.482 \approx 1}$$

$$\text{Machine 04 (Robot palettiseur)} : NM = \frac{\frac{1}{6000} * 5500}{8 * 0.99} = \mathbf{0.115 \approx 1}$$

$$\text{Machine 05 (Emballeuse)} : NM = \frac{\frac{1}{20} * \frac{1}{60} * 5500}{8 * 0.99} = \mathbf{0.578 \approx 1}$$

$$\text{Machine 06 (Clark)} : NM = \frac{\frac{1}{20} * \frac{1}{60} * 5500}{8 * 0.99} = \mathbf{0.578 \approx 1}$$

La conception d'une chaîne de conditionnement

Le **tableau 2.14** qui résume les résultats obtenus

N°	Machine	Nombre de machine
01	Ensacheuse	01
02	Machine de fermeture	01
03	Fardeleuse	01
04	Robot de palettiseur	01
05	Emballeuse	01
06	Clark	01

Tableau 2.14 : Résultats en nombre de machine nécessaire

2.3.6 Calcul de taux de rebut et besoin en production :

A savoir, la majorité des machines ont un taux de rebut, Dans notre cas nous avons des machines neuves, donc on va considérer le taux de rebut à 1% pour chaque machine afin de calculer la quantité d'entré nécessaire pour satisfaire notre besoin en production, Nous utilisons la **formule** mathématique 2.2 pour calculer les quantités entrante pour chaque machine.

$$P(i) = \frac{Q(i)}{1-S(i)}$$

P(i) : Quantité produite

Q(i) : Sortie désir

S(i) : Taux de rebut

Formule 2.2 : Formule pour calculer la quantité d'entré

On appliquant la formule 2.2 on obtient les résultats suivants :

$$\text{Machine 06 (Clark)} : P(6) = \frac{5500}{1-0.01} = 5555.55 \approx 5556.$$

$$\text{Machine 05 (Emballeuse)} : P(5) = \frac{5556}{1-0.01} = 5612.12 \approx 5613.$$

$$\text{Machine 04 (Robot palettiseur)} : P(4) = \frac{5613}{1-0.01} = 5669.69 \approx 5670.$$

$$\text{Machine 03 (Fardeleuse)} : P(3) = \frac{5670}{1-0.01} = 5727.27 \approx 5728.$$

La conception d'une chaîne de conditionnement

$$\text{Machine 02 (Fermeture)} : P(2) = \frac{5728}{1-0.01} = 5785.85 \approx 5786.$$

$$\text{Machine 01 (Ensacheuse)} : P(1) = \frac{5786}{1-0.01} = 5844.44 \approx 5845.$$

Le **tableau 2.15** qui résume les résultats obtenus

Machine	Taux de rebut	Sortie	Entrée
Ensacheuse	1%	5786	5845
Machine de fermeture	1%	5728	5786
Fardeuse	1%	5670	5728
Robot de palettiseur	1%	5613	5670
Emballeuse	1%	5556	5613
Clark	1%	5500	5556

Tableau 2.15 : Les quantités nécessaire entrant

2.3.7 La capacité maximale de notre chaîne de conditionnement :

Dans cette partie nous allons essayer de savoir la capacité maximale de notre chaîne de conditionnement, En basant sur la **formule 2.1**, Sachant que la capacité maximale dépend de la fardeuse « machine goulot» qui a un taux de production de **20 pack /min.**

On va modifier le paramètre [NM] qui représente le nombre de machine à 0.99 pour savoir la quantité maximale de [P].

$$\text{Machine 03 (Fardeuse)} : NM = \frac{\frac{1}{24} * \frac{1}{60} * X}{8 * 0.99} = 1$$

$$X = \frac{8 * 0.99 * 0.99}{\frac{1}{24} * \frac{1}{60}} = \frac{8 * 0.99 * 0.99}{0.00069} = \mathbf{11363 \text{ pièce.}}$$

Donc la quantité **maximale** de production est :

11363 pièces

Calcul les besoin en production en cas de la production maximale

En appliquant la **formule 2.2**, On obtient les résultats suivants

$$\text{Machine 06 (Clark)} : P(6) = \frac{11363}{1-0.01} = 11477.77 \approx 11478.$$

$$\text{Machine 05 (Emballeuse)} : P(5) = \frac{11478}{1-0.01} = 11593.93 \approx 11594.$$

$$\text{Machine 04 (Robot palettiseur)} : P(4) = \frac{11594}{1-0.01} = 11711.11 \approx 11712.$$

La conception d'une chaîne de conditionnement

$$\text{Machine 03 (Fardeuse)} : P(3) = \frac{11712}{1-0.01} = 11830.30 \approx 11831.$$

$$\text{Machine 02 (Fermeture)} : P(2) = \frac{11831}{1-0.01} = 11950.50 \approx 11951.$$

$$\text{Machine 01 (Ensacheuse)} : P(1) = \frac{11951}{1-0.01} = 12071.71 \approx 12072.$$

Le **tableau 2.16** qui résume les résultats obtenus :

Machine	Taux de rebut	Sortie	Entrée
Ensacheuse	1%	11951	10135
Machine de fermeture	1%	11831	11951
Fardeuse	1%	11712	11831
Robot de palettiseur	1%	11594	11712
Emballeuse	1%	11478	11594
Clark	1%	11363	11478

Tableau 2.16 : Les quantités nécessaire entrant

2.3.8 La surface réservée pour la nouvelle chaîne de conditionnement :

La surface réservée pour la nouvelle chaîne de conditionnement est égale à 2000m carré, dans cette partie allons présenter la disposition des différents machine cités précédemment dans cette surface, Voir **figure 2.11**.

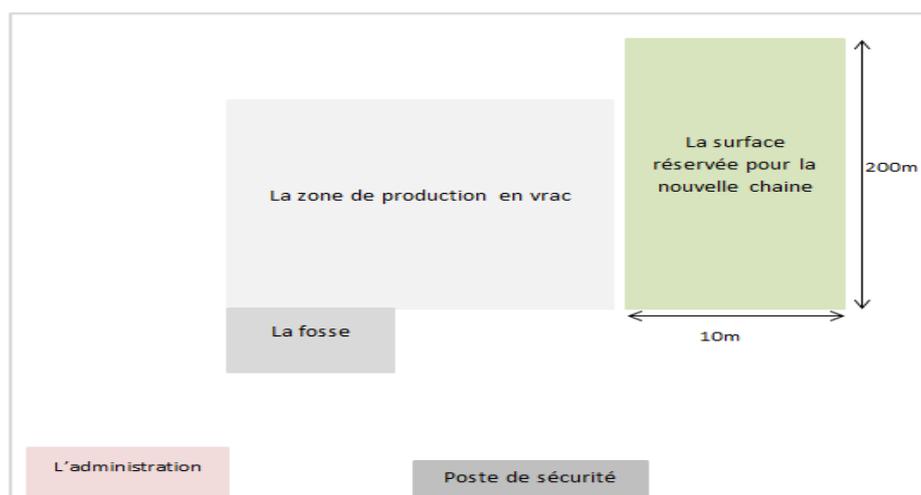


Figure 2.11 : Surface réservé pour la nouvelle chaîne

La conception d'une chaîne de conditionnement

2.3.9 La disposition des machines adéquates :

Pour savoir la disposition des machines pour cette chaîne de conditionnement, Nous allons appliquer l'algorithme **MST (Modified spanning tree)** qui va nous donner la faisabilité de faire la chaîne en ligne, Voici dans la suite les détails des calculs.

Matrice de flux : Nous avons la matrice des flux suivante (par heure) :

$$F_{ij} = \begin{bmatrix} - & En & Fer & Far & R.p & Em & St \\ En & - & 2160 & - & - & - & - \\ Fer & - & - & 1800 & - & - & - \\ Far & - & - & - & 120 & - & - \\ R.p & - & - & - & - & 600 & - \\ Em & - & - & - & - & - & 2 \\ St & - & - & - & - & - & - \end{bmatrix} \quad \text{Matrice 2.1 : Matrice des flux}$$

Ensuite nous allons calculer les F'_{ij} pour obtenir la matrice de A en appliquant la formule suivante

$$F'_{ij} = F_{ij} + (d_{ij} + 0.5 (L_i + L_j))$$

$$F'_{1,2} = 2160 + (0 + 0.5 (1.9 + 2.4)) = 4644.$$

$$F'_{2,3} = 1800 + (0 + 0.5 (2.4 + 5)) = 6660.$$

$$F'_{3,4} = 120 + (2 + 0.5 (5 + 3.5)) = 750.$$

$$F'_{4,5} = 600 + (1.5 + 0.5 (3.5 + 2.5)) = 2700.$$

$$F'_{5,6} = 2 + (100 + 0.5 (2.5 + 6)) = 208.5$$

$$F_{ij} = \begin{bmatrix} - & En & Fer & Far & R.p & Em & St \\ En & - & 4644 & - & - & - & - \\ Fer & - & - & 6660 & - & - & - \\ Far & - & - & - & 750 & - & - \\ R.p & - & - & - & - & 2700 & - \\ Em & - & - & - & - & - & 208.5 \\ St & - & - & - & - & - & - \end{bmatrix}$$

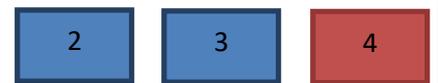
Matrice 2.2 : Matrice de A

En appliquant l'algorithme MST sur la matrice F'_{ij} on obtient

La conception d'une chaîne de conditionnement

1^{er} itération :

- Sélectionner la plus grande valeur de la matrice et les machines i, j correspondantes
- Connecté les machines i, j « adjacent ».
- Trouver la grande valeur dans les lignes correspond aux machines i et j .
- Connecté la nouvelle machine à côté de la machine adjacent.
- Mettre le croisement correspond au machine de milieu = infinie.

$$F_{ij} = \begin{bmatrix} - & En & Fer & Far & R.p & Em & St \\ En & - & 4644 & - & - & - & - \\ Fer & - & - & 6660 & - & - & - \\ Far & - & - & - & 750 & - & - \\ R.p & - & - & - & - & 2700 & - \\ Em & - & - & - & - & - & 208.5 \\ St & - & - & - & - & - & - \end{bmatrix}$$


Faite les itérations suivantes jusqu'à connecté toutes les machines.

$$F_{ij} = \begin{bmatrix} - & En & Fer & Far & R.p & Em & St \\ En & - & 4644 & - & - & - & - \\ Fer & - & - & 6660 & - & - & - \\ Far & - & - & - & 750 & - & - \\ R.p & - & - & - & - & 2700 & - \\ Em & - & - & - & - & - & 208.5 \\ St & - & - & - & - & - & - \end{bmatrix}$$


La conception d'une chaîne de conditionnement

Donc la disposition finale sera comme la suite :

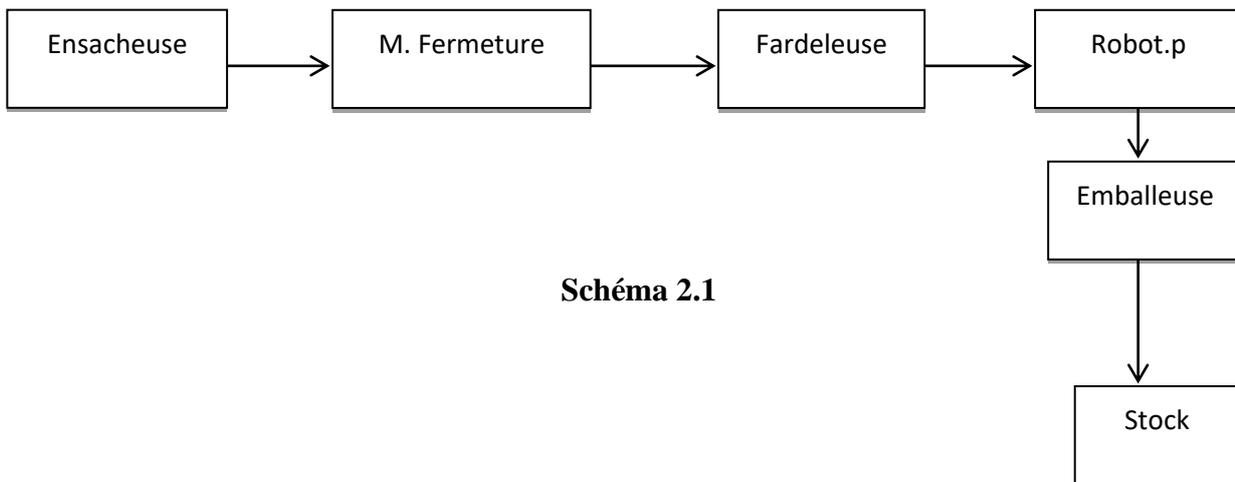


Schéma 2.1

Donc la disposition finale des machines de la nouvelle chaîne de conditionnement ça sera en ligne de type flow shop comme indiquer dans le schéma 2.1

2.3.10 La disposition des machines sur la surface disponible :

A travers le logiciel autocad nous avons mise en place les machines sur une surface des dimensions 10000*50000 (mm)

Remarque : Les distances entre les extrémités des machines et l'opérateur doit être $> 1m$.

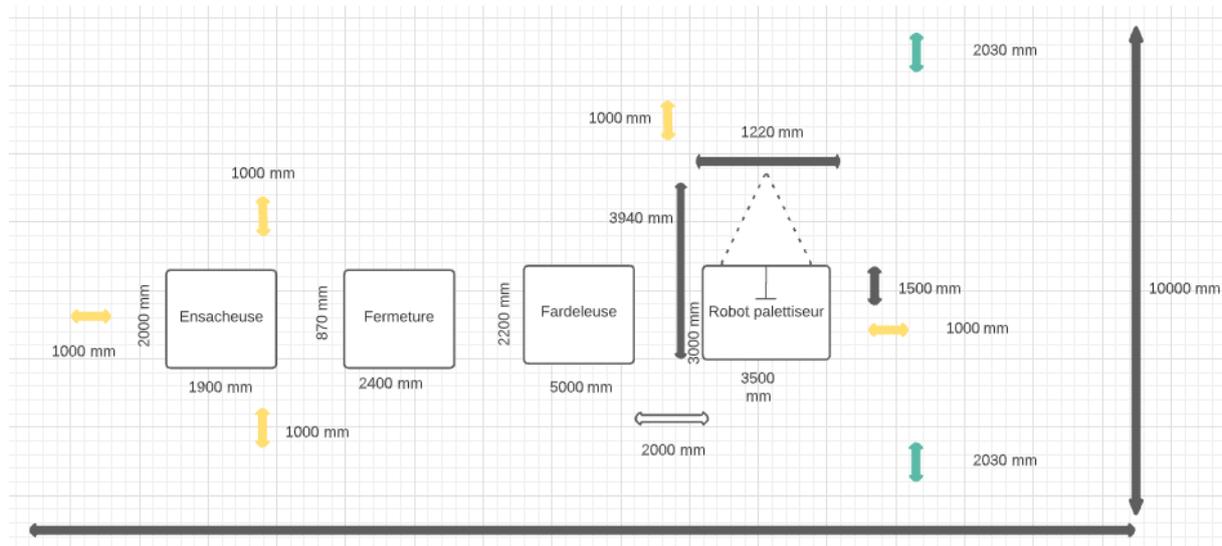


Figure 2.12 : La mise en place des machines

La conception d'une chaîne de conditionnement

2.3.11 La maintenance de la nouvelle chaîne de conditionnement :

Puisque nous avons traité le sujet de mise en place d'un service de maintenance pour la même entreprise dans le projet d'ingénierat, je vais ajouter une codification des machines de la nouvelle chaîne, Ainsi que une gamme de maintenance préventive pour les intégrer au nouveau système de maintenance.

Voir le **tableau 2.17, Figure 2.13, 2.14.**

N°	MACHINES DE CONDITIONNEMENT	<u>Codification</u> STATION /SECTION/NOM- MACHINE/N°-MACHINE	<u>Qté</u>
01	ENSACHEUSE	PRO/CON/ENS/01	1
02	MACHINE DE FERMETURE	PRO/CON/M.FER/01	1
03	FARDELEUSE	PRO/CON/FAR/01	1
04	ROBOT.PALETISSEUR	PRO/CON/R.P/01	1
05	EMBALLEUSE	PRO/CON/EMB/01	1
06	CONVOYEUR A ROULEAU	PRO/CON/CNV/01	1
07	CLARCK	PRO/CON/CLRK/01	1

Tableau 2.17 : La codification de la chaîne de conditionnement

La conception d'une chaîne de conditionnement

Gamme de maintenance préventive							CC		
							n° version		
Chaîne de conditionnement							date de révision		
							Gamme n°		
Libellé opération	Périodicité						Niveau de compétence	Observations - Outillage spécifique - Pièces détachées	Temps moyen requis (heure)
	H	M	T	S	A	autres			
Chaîne de conditionnement révision générale			O				ING		
Contrôler l'étanchéité de la chaîne (portes, panneaux, joints...)					O		T		0,5
Contrôler l'installation pneumatique (Compresseur, tuyou...etc.)		O					T		0,2
Vérification des vérins de fardeleuse		O					T		0,5
Controler le niveau d'huile de compresseur	O						T		
Effectuer un contrôle auditif des roulements et courroies		O					T		1
Graisser les roulements et paliers		O					T		1

Figure 2.13 : Gamme de maintenance préventive

Périodicité : <input checked="" type="checkbox"/> selon réglementation <input type="checkbox"/> selon préconisations (technique ou interne)
Niveau de compétence T : Technicien (thermicien) ING.S : Ingénieur Spécialiste (expert formé)

Figure 2.14 : Abréviation des paramètres de **figure 2.13**

2.4 Conclusion

Comme on a vu dans ce chapitre, nous avons appliquées les notions de facilities design pour concevoir cette chaîne de conditionnement on tenant compte plusieurs critères de conception. Dans le chapitre suivant, Nous allons essayer de modéliser cette nouvelle chaîne d'emballage sous ARENA afin de déterminer ces critères de performance tels que : TC, T0, TH...etc.

CHAPITRE 03

LA MODELISATION DE LA CHAÎNE DE CONDITIONNEMENT SOUS « ARENA »

3) CHAPITRE 03 : La modélisation de la chaîne de conditionnement sous « ARENA »

3.1 Partie 01 : introduction à la modélisation et simulation

3.1.1 Introduction

Pour éviter les dégâts et vérifier l'efficacité et la compatibilité d'une chaîne de production avec les besoins et les ressources actuelles, Il faut d'abord créer une chaîne de production similaire virtuelle qui a les mêmes caractéristiques, Pour nous permettre d'évaluer notre conception.

Dans ce chapitre nous allons modéliser et simuler notre nouvelle chaîne de production avec un logiciel de simulation pour découvrir tous les paramètres concernant la production.

3.1.2 La Modélisation des systèmes :

Pour savoir le degré de compatibilité des éléments d'un système de production et visualiser toutes les interactions entre eux, Nous sommes obligées de faire un modèle similaire à celui du réelle.

Tous qu'on s'appelle un système de production pour les différents domaines [industrie (Alimentaire, Pharmaceutique, Automobile...etc.), service (administration, Organisation...etc.)] est modélisable, le chapitre 03 nous sommes concerné par la modélisation de cette chaîne de conditionnement sous **ARENA**.

La modélisation sous arena est fait par des modules chacun et leur partie présentatif dans le système réelle, Voici la **figure 3.1** qui représente un modèle basique et le **tableau 3.1** qui représente les modules utilisées pour réaliser ce modèle.



Figure 3.1 : Modèle basique sous arena

La conception d'une chaîne de conditionnement

Module	Description
	Create : C'est le module représentatif de l'arrivée des entités
	Process : C'est le module représentatif des ressources disponible au système
	Dispose : C'est le module qui représente fin de système et sortie de produits finale

Tableau 3.1 : Description des modules basiques d'ARENA

3.1.3 La simulation et les logiciels de simulation :

Sont des logiciels informatisés utilisé pour les études des flux a évènement discret, Nous permettons de créer des modèles virtuelles similaire à celui les chaîne de production, stockage, manutention...etc., réelles, pour analyser et évaluer les paramètres de tous les scénarios : le rendement, les pannes, Le comportement de système de façon générale.

3.1.4 ARENA :

C'est l'un des logiciels de simulation les plus utilisé, crée par **Rockwell automate** en 2000, ARENA utilise des modules différentes pour la représentation des équipements et les relations logiques entre eux.

3.1.5 Les domaines d'applications :

1. Les systèmes de production.
2. Les systèmes de transport.
3. Les systèmes de manutention.
4. Les systèmes de stockage.
5. Les systèmes d'entreposage.
6. Les systèmes d'emballage.
7. Les systèmes de conditionnements...etc.

3.2 Partie 02 : La modélisation de la nouvelle chaîne de conditionnement

La modélisation de cette chaîne de conditionnement est faite avec le logiciel ARENA.

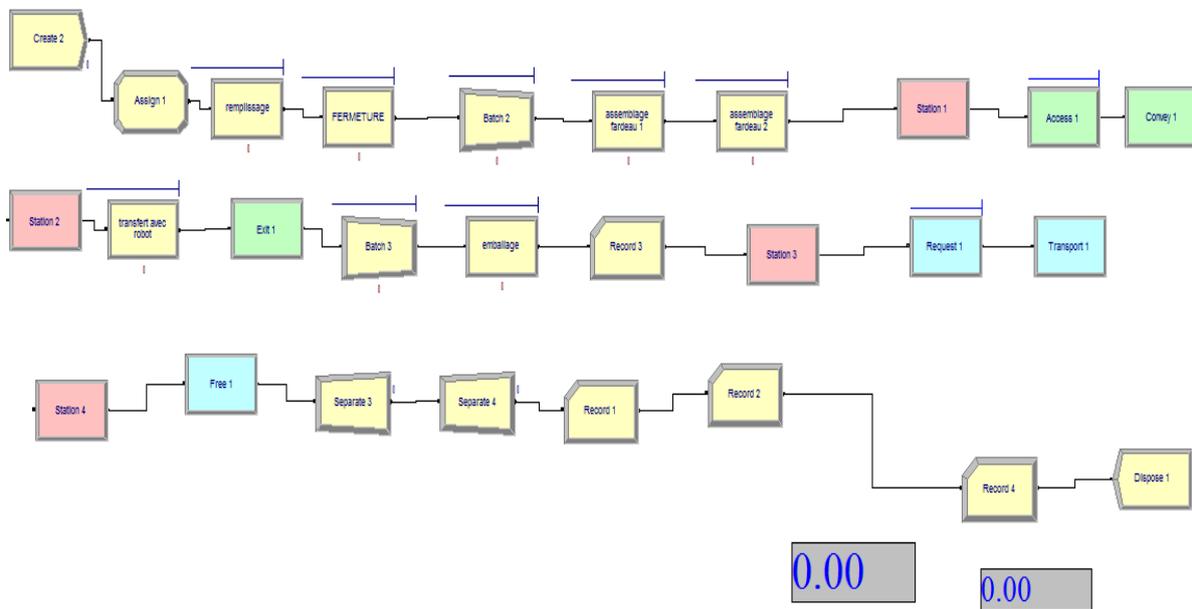


Figure 3.2 : Le modèle de la nouvelle chaîne sous arena

3.2.1 Description :

Ce modèle est composé de cinq grandes parties :

- La première partie représente l'arrivée de MP et le premier traitement.
- La deuxième partie représente le deuxième traitement.
- La troisième partie représente la formulation des fardeaux.
- La quatrième partie représente le transfert des fardeaux vers le robot à travers le convoyeur.
- La cinquième partie représente le transfert des fardeaux vers l'emballeuse à travers le robot.
- La sixième partie représente la formulation des palettes avec l'emballeuse
- La septième et la dernière partie représente le transfert des palettes de l'emballeuse vers le stock

Dans la partie suivante nous allons détailler chaque partie de modèle.

La conception d'une chaîne de conditionnement

La première partie : L'arrivée de matière première et le premier traitement

Cette partie est composée de 3 modules représentés dans la **figure 3.3**, Chaque module est détaillé sur les **figures 3.4, 3.5, 3.6**.

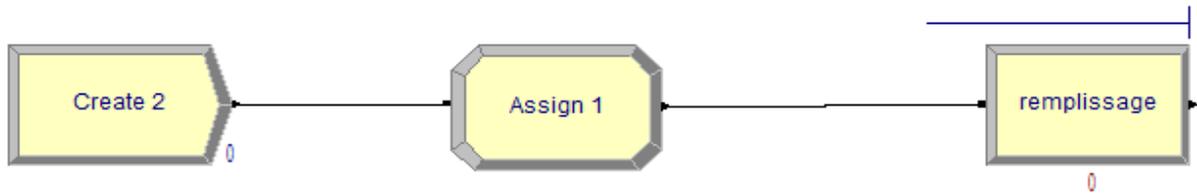


Figure 3.3 : Représentation de la première partie de modèle

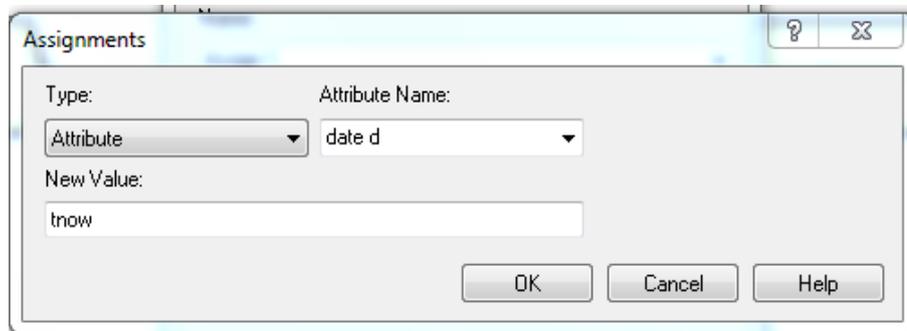


Figure 3.4 : Le contenu de module Assign

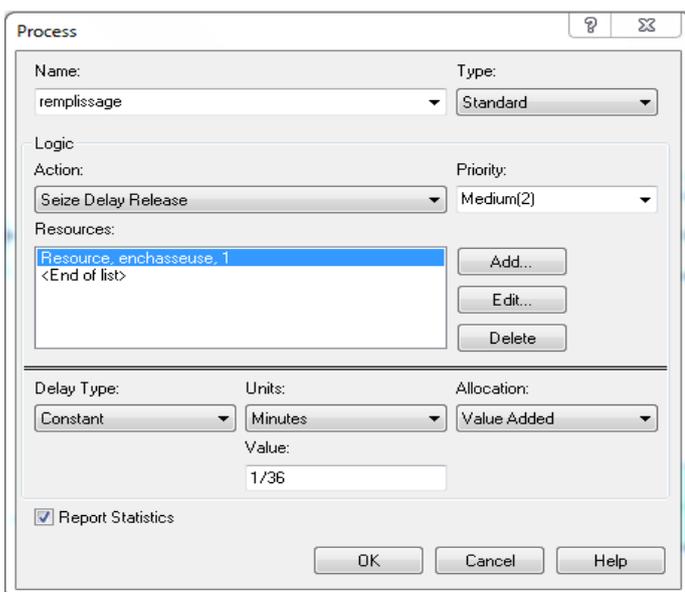


Figure 3.5 : Le contenu de module Process

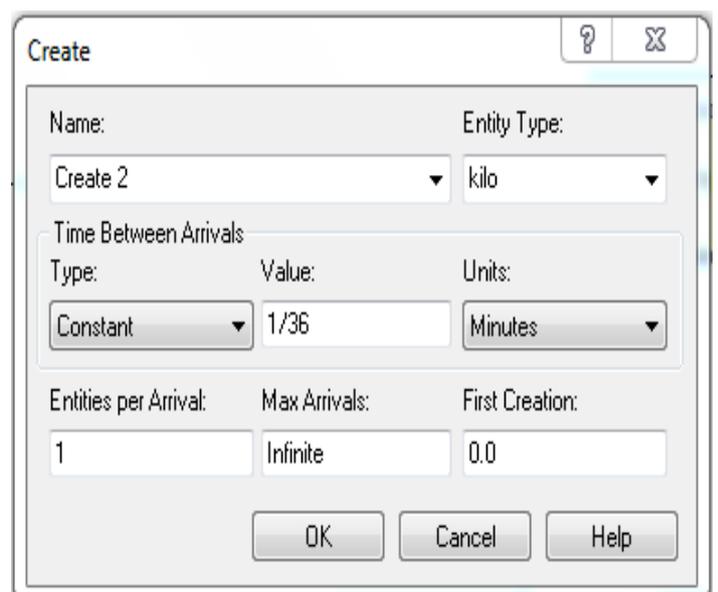


Figure 3.6 : Le contenu de module Create

La conception d'une chaine de conditionnement

La deuxième partie : Le deuxième traitement par la machine de fermeture

Cette partie contient un seul module qui est le ressource fermeture, Voir les **figures 3.7 et 3.8**.

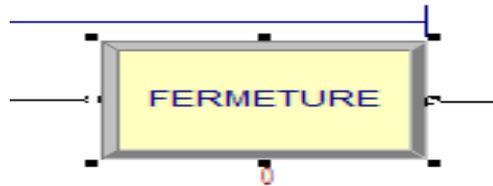


Figure 3.7 : Représentation de machine de fermeture dans le modèle

L'écran de configuration "Process" est divisé en plusieurs sections. La section "Name" contient le champ "FERMETURE" et le menu déroulant "Type" est réglé sur "Standard". La section "Logic" a "Action" sur "Seize Delay Release" et "Priority" sur "Medium(2)". La section "Resources" liste "Resource, machine fermeture, 1" et "<End of list>", avec des boutons "Add...", "Edit..." et "Delete". La section "Delay Type" a "Constant", "Units" sur "Minutes" et "Allocation" sur "Value Added". Le champ "Value" est réglé sur "1/30". Le bouton "Report Statistics" est coché. Les boutons "OK", "Cancel" et "Help" sont en bas.

Figure 3.8 : Le contenu de module process

La conception d'une chaîne de conditionnement

La troisième partie : La formulation des fardeaux

Cette partie est composée de 3 modules, le premier c'est le batch pour ajouter la taille de fardeau, le 2^{ème} module représente l'assemblage des fardeaux 1.1, le 3^{ème} module représente l'emballage des fardeaux, Voir les **figures 3.9, 3.10, 3.11, 3.12.**



Figure 3.9 : La représentation de la 3^{ème} partie de modèle

La fenêtre 'Batch' permet de configurer les paramètres d'un lot. Les champs sont les suivants :
- Name: Batch 2
- Type: Temporary
- Batch Size: 10
- Save Criterion: Last
- Rule: Any Entity
- Representative Entity Type: (vide)
Les boutons 'OK', 'Cancel' et 'Help' sont situés en bas.

Figure 3.10 : Le module BATCH

La fenêtre 'Process' pour 'assemblage fardeau 1' configure les paramètres de l'assemblage. Les champs sont les suivants :
- Name: assemblage fardeau 1
- Type: Standard
- Action: Seize Delay Release
- Priority: Medium(2)
- Resources: Resource: fardeau.1
- Delay Type: Constant
- Units: Seconds
- Allocation: Value Added
- Value: 22
Le bouton 'Report Statistics' est coché.

Figure 3.11 : Les paramètres d'assemblage

La fenêtre 'Process' pour 'Four 1' configure les paramètres de l'emballage. Les champs sont les suivants :
- Name: Four 1
- Type: Standard
- Action: Seize Delay Release
- Priority: Medium(2)
- Resources: Resource: Resource 1.1
- Delay Type: Constant
- Units: Seconds
- Allocation: Value Added
- Value: 24
Le bouton 'Report Statistics' est coché.

Figure 3.12 : Les paramètres d'emballage

La conception d'une chaîne de conditionnement

Les trois parties précédentes sont représentées par un module s'appelle station 01, Voir les **figures 3.13, 3.14**.

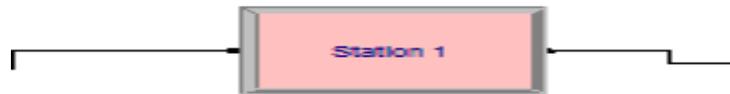
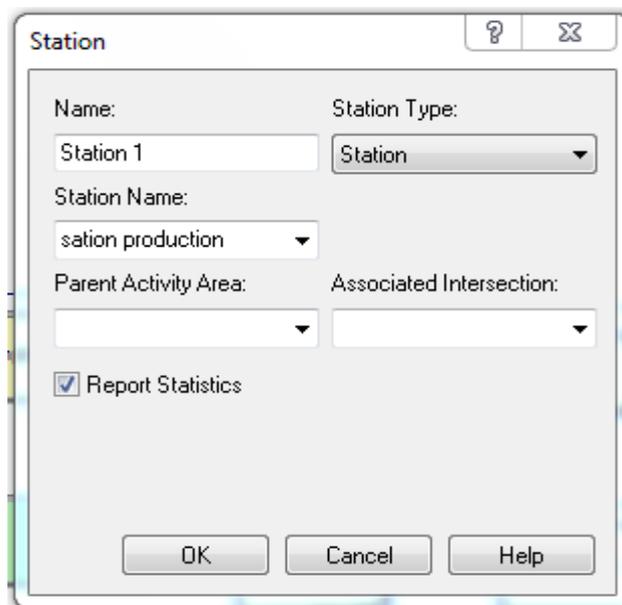


Figure 3.13 : Le module station 01



The screenshot shows a dialog box titled "Station" with a help icon and a close icon in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** A text input field containing "Station 1".
- Station Type:** A dropdown menu with "Station" selected.
- Station Name:** A dropdown menu with "sation production" selected.
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics:** A checked checkbox.
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" buttons at the bottom.

Figure 3.14 : Les paramètres de module station 01

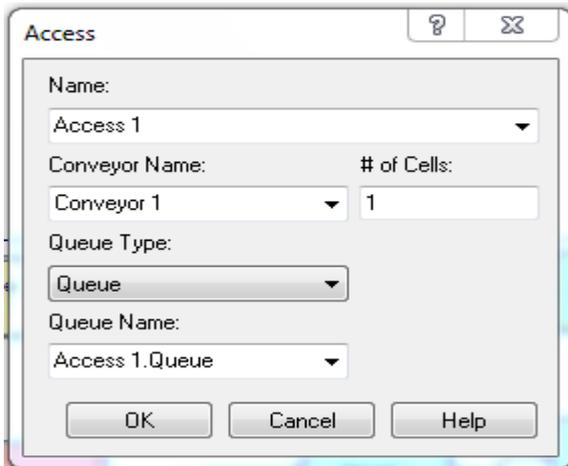
La quatrième partie : Le transfert de fardeau de **station de production** vers la **station robot** à travers un convoyeur

Cette partie est composée de deux module représente le transfert des fardeaux, Voir les **figures 3.15, 3.16, 3.17**, ainsi que le module de station de robot mentionner par les **figures 3.18, 3.19**.



Figure 3.15 : La modélisation de transfert avec convoyeur

La conception d'une chaine de conditionnement



Access

Name: Access 1

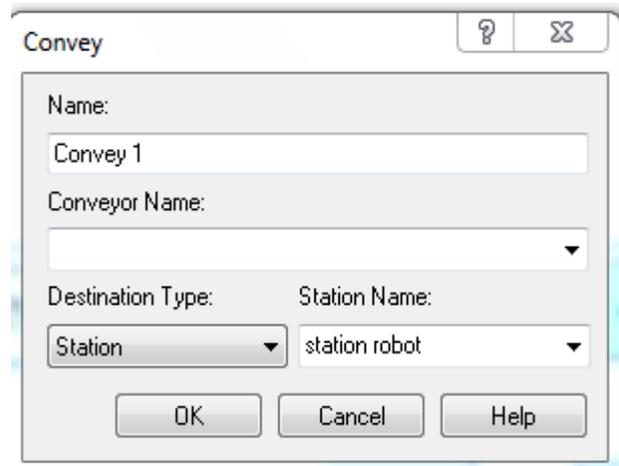
Conveyor Name: Conveyor 1 # of Cells: 1

Queue Type: Queue

Queue Name: Access 1.Queue

OK Cancel Help

Figure 3.16 : Le module Access



Convey

Name: Convey 1

Conveyor Name:

Destination Type: Station Station Name: station robot

OK Cancel Help

Figure 3.17 : Le module convoyeur

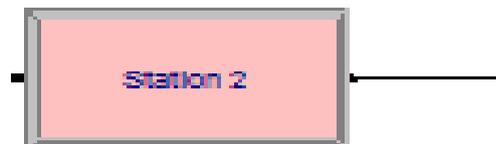
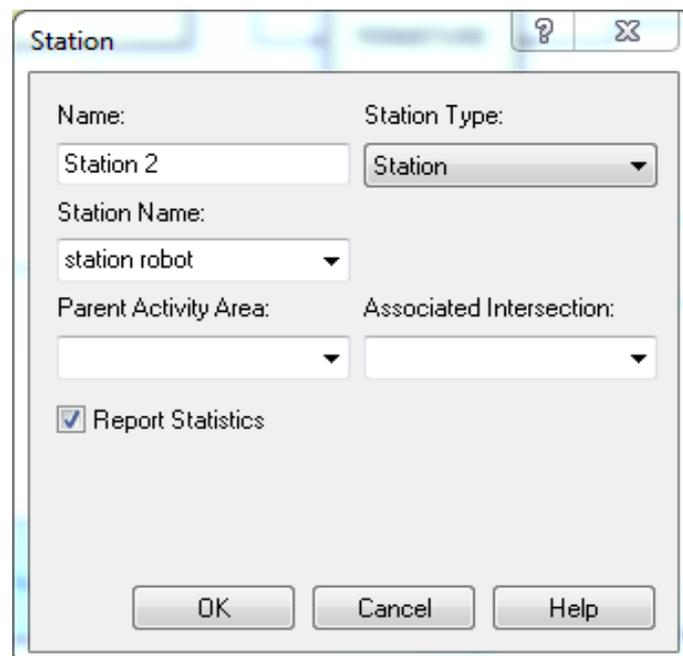


Figure 3.18 : La station robot dans le modèle



Station

Name: Station 2 Station Type: Station

Station Name: station robot

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

OK Cancel Help

Figure 3.19 : Les paramètres de station 02

La conception d'une chaîne de conditionnement

La cinquième partie : Le transfert des fardeaux vers l'emballuse à travers le robot

Cette partie est composée de deux modules, elle représente le transfert des fardeaux de convoyeur vers l'emballuse à travers un robot palettiseur, Voir **les figures 3.20, 3.21, 3.22.**

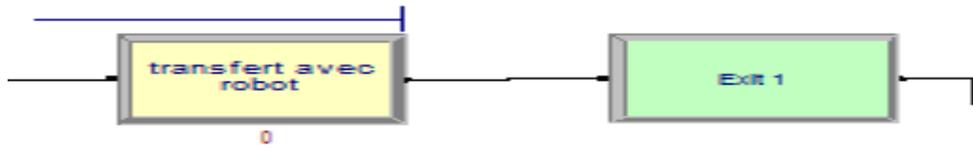


Figure 3.20 : La représentation de transfert des fardeaux avec le ROBOT

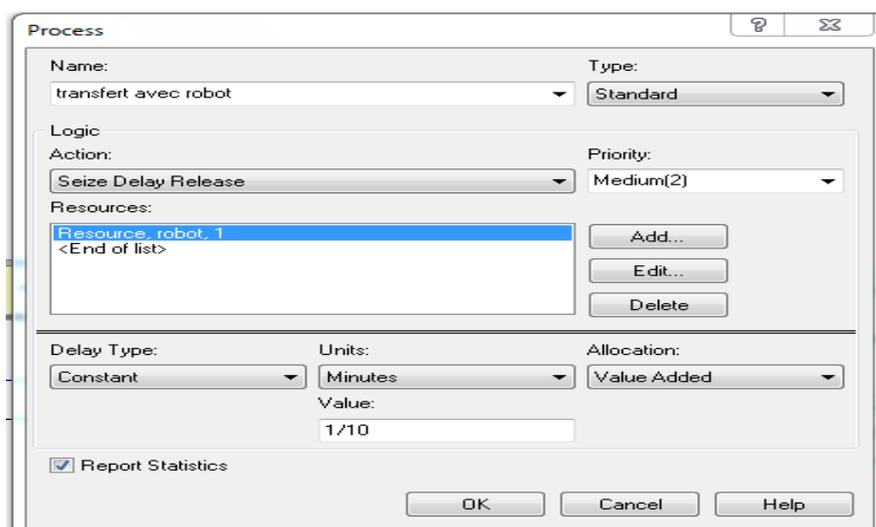


Figure 3.21 : Les paramètres de ROBOT

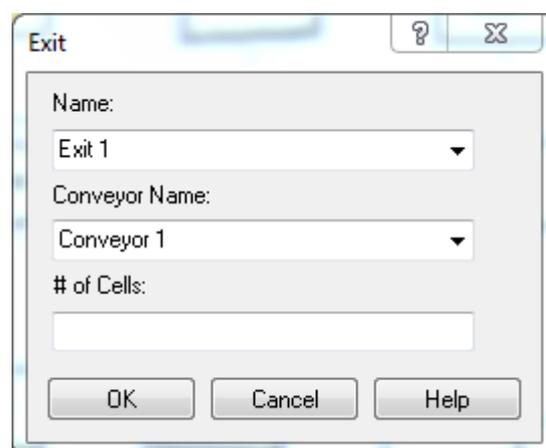


Figure 3.22 : Libérer le convoyeur

La conception d'une chaîne de conditionnement

La sixième partie : L'emballage des palettes à travers l'emballeuse

Cette partie est composée de 3 modules, Le 1^{er} module est pour former des lot « palette », le 2^{ème} module pour la fonction emballage, Le 3^{ème} module pour savoir le délai entre palette et palette, Voir les **figures 3.23, 3.24, 3.25, 3.26**.



Figure 3.23 : La modélisation de fonction d'emballage

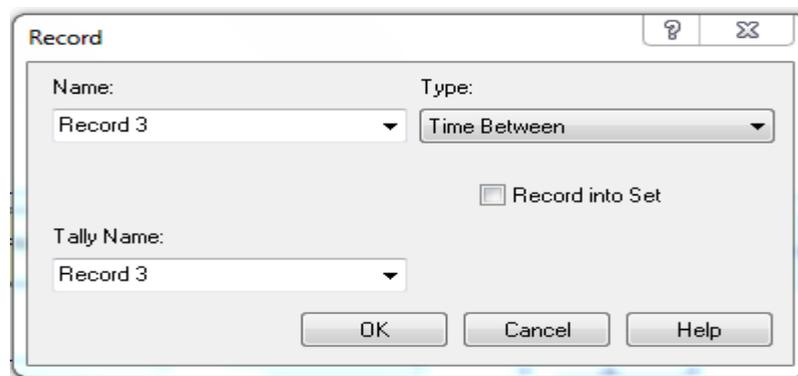


Figure 3.24 : Le module record 03

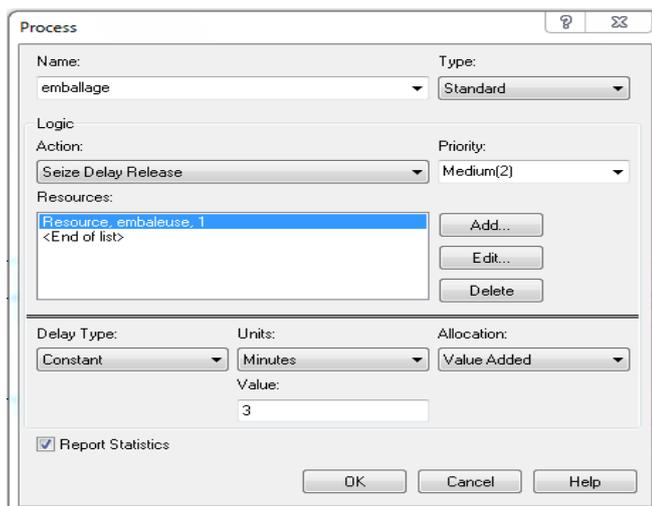


Figure 3.25 : Les paramètres d'emballage

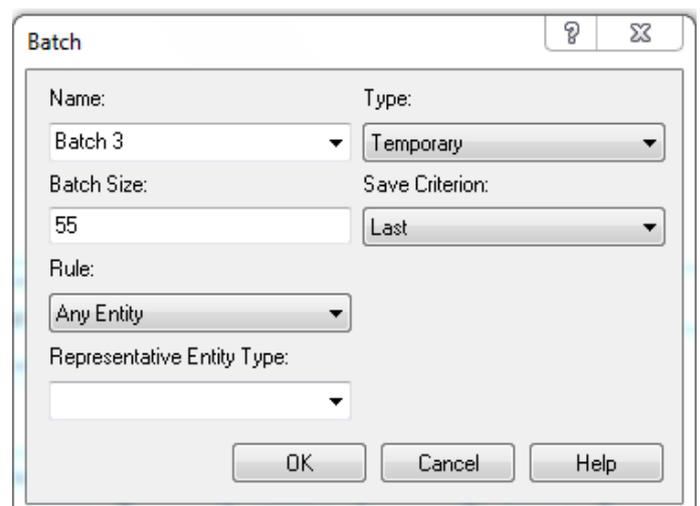


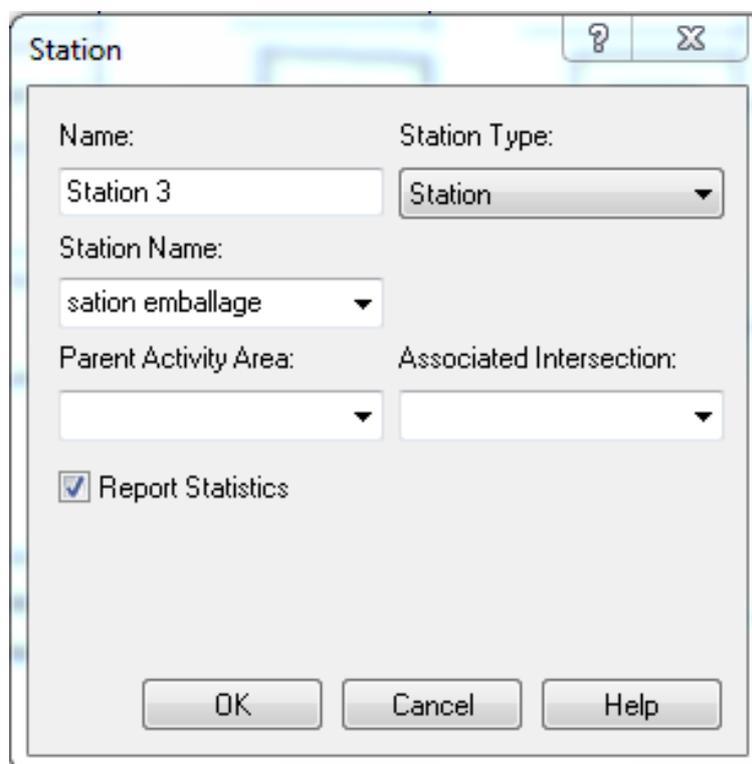
Figure 3.26 : Le module BATCH « Palette »

La conception d'une chaîne de conditionnement

Nous allons présenter les parties d'emballage par un module station 03, Voir **figure 3.27, 3.28**



Figure 3.27 : Le module station 03



The screenshot shows a dialog box titled "Station" with a question mark icon and a close icon in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** A text box containing "Station 3".
- Station Type:** A dropdown menu with "Station" selected.
- Station Name:** A dropdown menu with "sation emballage" selected.
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics**
- OK**, **Cancel**, and **Help** buttons at the bottom.

Figure 3.28 : Les paramètres de station 03

La conception d'une chaîne de conditionnement

La septième partie : le transfert des palettes vers la station de stockage à travers un CLARK.

Cette partie représente la demande d'exploiter le Clark Voir les **figures 3.29, 3.30, 3.31** et les **figures 3.32, 3.33** qui représente la modélisation de la station de stockage.

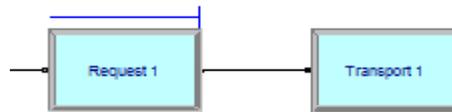


Figure 3.29 : La modélisation de transfert avec le Clark

The 'Request' dialog box contains the following fields:

- Name: Request 1
- Transporter Name: clark
- Selection Rule: Cyclical
- Priority: High(1)
- Velocity: 18900
- Queue Type: Queue
- Queue Name: Request 1.Queue

Buttons: OK, Cancel, Help

Figure 3.30 : La demande d'exploitation

The 'Transport' dialog box contains the following fields:

- Name: Transport 1
- Transporter Name: clark
- Unit Number: (empty)
- Entity Destination Type: Station
- Station Name: station stockage
- Velocity: 18900
- Units: Per Hour
- Guided Tran Destination Type: Entity Destination

Buttons: OK, Cancel, Help

Figure 3.31 : Les paramètres de Clark



Figure 3.32 : Le module station 04

The 'Station' dialog box contains the following fields:

- Name: Station 4
- Station Type: Station
- Station Name: station stockage
- Parent Activity Area: (empty)
- Associated Intersection: (empty)
- Report Statistics

Buttons: OK, Cancel, Help

Figure 3.33 : Les paramètres de station 04

La conception d'une chaîne de conditionnement

Pour libérer le "Clark" un module "FREE" fait l'objet .



Figure 3.34 : Le module free

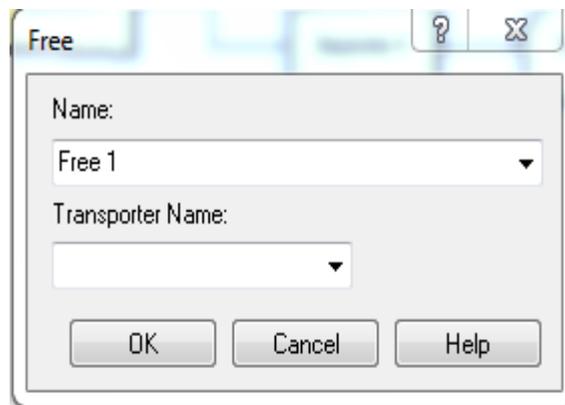


Figure 3.35 : Les paramètres de module FREE

Le module separate : utilisé pour séparer les batchs précédents, Voir les figures 3.36, 3.37.

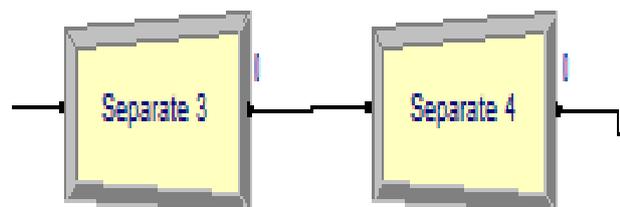
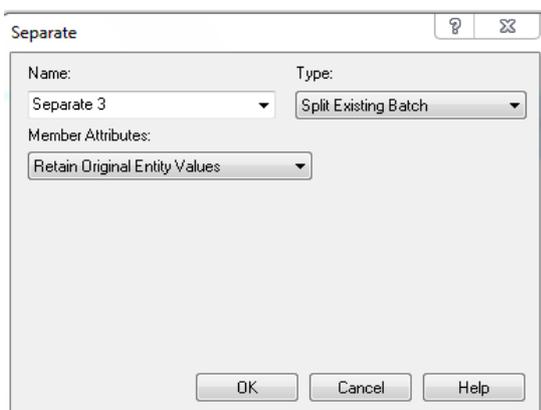


Figure 3.36 : Le module separate

Figure 3.37 : Les paramètres de module separate

La conception d'une chaîne de conditionnement

Les modules de RECORD : Nous avons utilisées des modules de record pour savoir les indicateurs de performance comme le taux de production, temps de cycle...etc.

Voir les **figures 3.38, 3.39, 3.40, 3.41**.

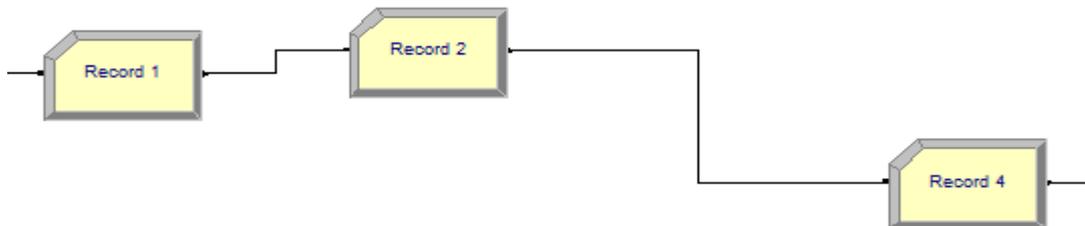


Figure 3.38 : La modélisation des RECORDS

Cette image est un screenshot d'une fenêtre de configuration intitulée 'Record'. Elle contient les champs suivants :
- 'Name:' avec un menu déroulant contenant 'Record 1'.
- 'Type:' avec un menu déroulant contenant 'Time Between'.
- Un bouton à côté de 'Record into Set' qui n'est pas sélectionné.
- 'Tally Name:' avec un menu déroulant contenant 'TH'.
- Des boutons 'OK', 'Cancel' et 'Help' à la base.

Figure 3.39 : Le record de TH

Cette image est un screenshot d'une fenêtre de configuration intitulée 'Record'. Elle contient les champs suivants :
- 'Name:' avec un menu déroulant contenant 'Record 2'.
- 'Type:' avec un menu déroulant contenant 'Time Interval'.
- 'Attribute Name:' avec un menu déroulant contenant 'date d'.
- Un bouton à côté de 'Record into Set' qui n'est pas sélectionné.
- 'Tally Name:' avec un menu déroulant contenant 'TC1'.
- Des boutons 'OK', 'Cancel' et 'Help' à la base.

Figure 3.40 : Le record de TC

Cette image est un screenshot d'une fenêtre de configuration intitulée 'Record'. Elle contient les champs suivants :
- 'Name:' avec un menu déroulant contenant 'Record 4'.
- 'Type:' avec un menu déroulant contenant 'Count'.
- 'Value:' avec un champ de saisie contenant '1'.
- Un bouton à côté de 'Record into Set' qui n'est pas sélectionné.
- 'Counter Name:' avec un menu déroulant contenant 'Record 4'.
- Des boutons 'OK', 'Cancel' et 'Help' à la base.

Figure 3.41 : Le record d'une quantité sortie

La conception d'une chaîne de conditionnement

Le module de DISPOSE : C'est le dernier module de système, Voir les **figures 3.42, 3.43**.



Figure 3.42 : Le module DISPOSE

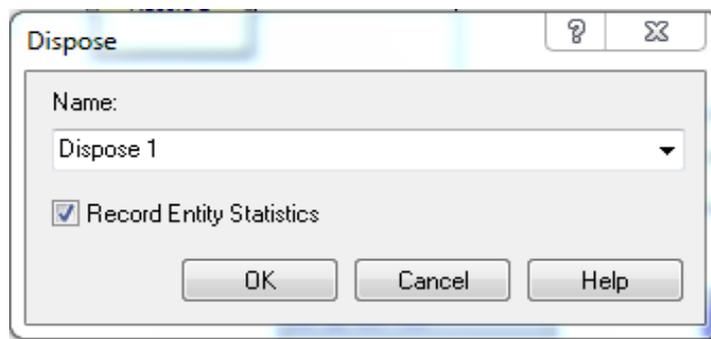


Figure 3.43 : le contenu de module DISPOSE

3.3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons modélisé la nouvelle chaîne de conditionnement sous le simulateur ARENA.

Dans le chapitre suivant, nous allons simuler le système pour savoir les paramètres de production, TC, TH, WIP,..., ensuite nous allons analyser le comportement de la chaîne par rapport aux trois cas qui sont :

- Best case.
- Worst case.
- Practicale worst case.

CHAPITRE 04:

SIMULATION ET EVALUATION DE LA CHAÎNE
DE CONDITIONNEMENT

4) CHAPITRE 04: Simulation et évaluation des performances de la chaîne de conditionnement

4.1 Introduction

Pour évaluer un système de production, la simulation est devenue primordiale afin de connaître le degré de compatibilité des ressources, Analyser les indicateurs de performance, Estimer le taux de production et vérifier si ce système est capable de satisfaire les besoins en production.

Dans ce chapitre, Nous allons faire la simulation de la nouvelle chaîne de conditionnement en analysant les différents indicateurs de performance par l'application des notions de factory physics qui sont le (TH, TC, WIP...etc.) pour savoir le positionnement de la nouvelle chaîne par rapport aux trois cas qui sont :

- **Règle de meilleur cas (Best case)** : Elle exprime le TC (min) et le TH (max) pour un certain niveau d'encours.
- **Règle de pire cas pratique (practical worst case)** : Elle exprime le TC et le TH max entre le pire cas et le meilleur cas pour un certain niveau d'encours.
- **Règle Pire cas (Worst case)** : Elle représente les pires cas de TC et TH pour un certain niveau d'encours.

4.2 Type d'atelier :

L'atelier de conditionnement est de type flow shop, Le conditionnement est fait de façon que la pièce passe directement au traitement T+1 quand elle termine le traitement T, Voir la figure 4.1.

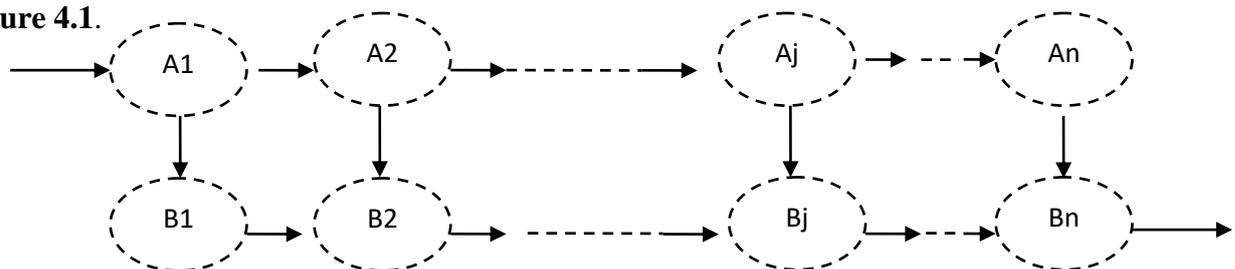


Figure 4.1 : Flow shop processus

4.3 Mesure de paramètres de performance « Factory physics » :

TH (Throughput) taux de production : C'est la quantité de bon produit qui sort par unité de temps

TC (Cycle Time) temps de cycle : C'est le temps prend par la pièce du l'arrivée au système jusqu'à le stockage

WIP (Work in process) les encours: C'est le nombre des pièces à l'intérieur de système

Rb (Bottleneck Rate) :C'est le taux de production maximale, Correspond au taux de production de la machine GOULOT ¹

4.4 Les cas de performance :

4.4.1 Règle de meilleur cas (Best case) :

Le temps de cycle minimal (CT_{best}) pour un certain niveau d'encours, w , est donné par :

$$CT_{best} = \begin{cases} T_0, & \text{if } w \leq W_0 \\ w/r_b, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Le taux de production maximal (TH_{best}) pour un certain niveau d'encours, w , est donné par :

$$TH_{best} = \begin{cases} w/T_0, & \text{if } w \leq W_0 \\ r_b, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

4.4.2 Règle de cas pire pratique (Practical worst case) :

Le temps de cycle du pire cas pratique pour un niveau d'encours donnée, w , est donné par :

$$CT_{PWC} = T_0 + \frac{w-1}{r_b}$$

Le temps de cycle du pire cas pratique pour un niveau d'encours donnée, w , est donné par :

$$TH_{PWC} = \frac{w}{W_0 + w - 1} r_b,$$

Où W_0 est l'encours critique

¹ Goulot : La machine qui a le moindre de taux de production

La conception d'une chaîne de conditionnement

4.4.3 Règle de pire cas (Worst case)

Le temps de cycle pour le pire cas pour un niveau d'encours donnée, w , est donné par :

$$CT_{\text{worst}} = w T_0$$

Le taux de production du le pire cas pour un niveau d'encours donnée, w , est donné par :

$$TH_{\text{worst}} = 1 / T_0$$

4.5 Résultats

Nous avons simulés le système sur une période **8h**, les résultats obtenus par la simulation de la nouvelle chaîne de conditionnement sont mentionnées dans les **figures 4.2, 4.3, 4.4, 4.5**.

Les sorties (Number out)



Figure 4.2 : Le nombre de sorties de système

TC (temps de cycle)

Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
TC1	1.4363	(Correlated)	0.1838	2.6840

Figure 4.3 : Le temps de cycle par simulation

Le **taux de production (Rb)** est donné par la formule suivant :

$$Rb = \frac{1}{\text{temps entre deux sortie}}$$

TH	{ 0.00063543 }	0,000093519	0.00	0.3720
----	----------------	-------------	------	--------

Figure 4.4 : Le résultat de **Rb** par simulation

Application numérique : $Rb = \frac{1}{0.00063} = 1587.30 \approx 1587 \text{pack/h.}$

La conception d'une chaîne de conditionnement

Les encours (WIP) :

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kilo	3181.76	(Correlated)	0.00	6098.00

Figure 4.5 : Nombre d'encours (WIP)

4.6 Interprétation

La nouvelle chaîne de conditionnement nous donne les résultats suivants :

TH = 11 550 packs/ jour (jour= 8h)

Les encours (WIP) = 3481.76 Packs.

T0= 0.18h

Rb (taux de production maximale) = 1587pack/H.

W0= Rb* T0

En appliquant les trois règles sous EXCEL ont obtient les résultats mentionner dans la **figure 4.6** et représenter par le graphe dans la **figure 4.7**.

n	w	w/rb	Rb	T0	W0	CT	W*T0	T0+(w-1)/Rb	th best	th worst	th pwc
1	200	0,13	1587	0,183	290,421	0,18	36,6	0,31	1092,89617	5,46448087	648,52
2	400	0,25				0,25	73,2	0,43	1587	5,46448087	920,77
3	600	0,38				0,38	109,8	0,56	1587	5,46448087	1070,58
4	800	0,50				0,50	146,4	0,69	1587	5,46448087	1165,39
5	1000	0,63				0,63	183	0,81	1587	5,46448087	1230,78
6	1200	0,76				0,76	219,6	0,94	1587	5,46448087	1278,62
7	1400	0,88				0,88	256,2	1,06	1587	5,46448087	1315,13
8	1600	1,01				1,01	292,8	1,19	1587	5,46448087	1343,90
9	1800	1,13				1,13	329,4	1,32	1587	5,46448087	1367,17
10	2000	1,26				1,26	366	1,44	1587	5,46448087	1386,38
11	2200	1,39				1,39	402,6	1,57	1587	5,46448087	1402,49
12	2400	1,51				1,51	439,2	1,69	1587	5,46448087	1416,22
13	2600	1,64				1,64	475,8	1,82	1587	5,46448087	1428,04
14	2800	1,76				1,76	512,4	1,95	1587	5,46448087	1438,33
15	3000	1,89				1,89	549	2,07	1587	5,46448087	1447,37
16	3200	2,02				2,02	585,6	2,20	1587	5,46448087	1455,37
17	3400	2,14				2,14	622,2	2,32	1587	5,46448087	1462,51
18	3600	2,27				2,27	658,8	2,45	1587	5,46448087	1468,91
19	3800	2,39				2,39	695,4	2,58	1587	5,46448087	1474,68
20	4000	2,52				2,52	732	2,70	1587	5,46448087	1479,92
21	4200	2,65				2,65	768,6	2,83	1587	5,46448087	1484,69
22	4400	2,77				2,77	805,2	2,95	1587	5,46448087	1489,05
23	4600	2,90				2,90	841,8	3,08	1587	5,46448087	1493,06
24	4800	3,02				3,02	878,4	3,21	1587	5,46448087	1496,75
25	5000	3,15				3,15	915	3,33	1587	5,46448087	1500,16

Figure 4.6 : Les résultats des calculs sous Excel

La conception d'une chaine de conditionnement

D'après le nombre de sortie (Number out) on remarque que la quantité sorties est de **11550** pack/8h ce si implique que la quantité sorties en 1h est : $\frac{11550}{8} = 1443$ pack/h, Donc le point qui représente la nouvelle chaine de conditionnement a les coordonnées suivants :

(WIP; TH)

(3182; 1443)

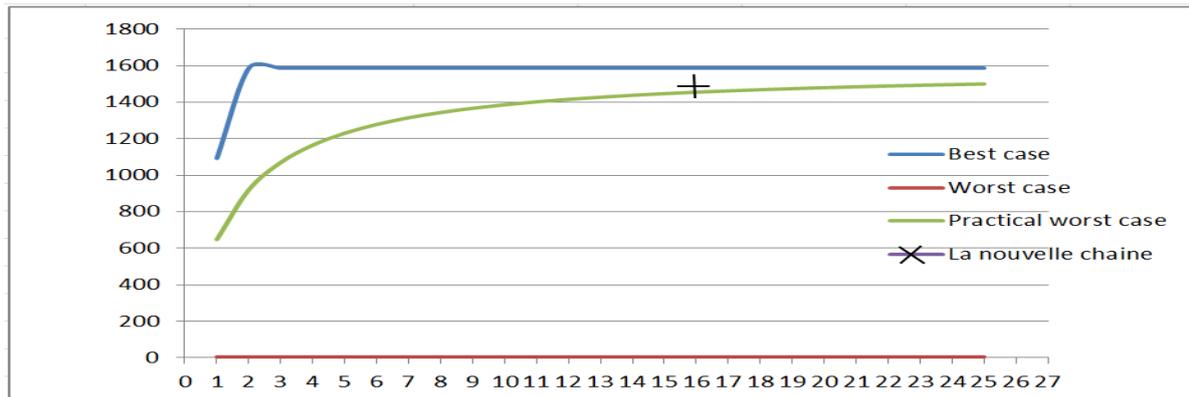


Figure 4.7 : La situation de la nouvelle chaine entre les trois cas de performance

ECHELLE $\left\{ \begin{array}{l} -X: 1u \rightarrow 200wip \\ -Y : 1u \rightarrow 200p/h \end{array} \right\}$

4.6.1 Résultat 01

La situation de la nouvelle chaine de conditionnement est acceptable car elle situe entre les deux cas de performance (Meilleur cas et le pire cas pratique), Mais elle peut être améliorée.

4.7 Modification des paramètres des machines :

Nous allons proposer de modifier les paramètres de production des machines suivantes :

- La remplisseuse : de 36 pack/min a 30 pack/min
- Le fardeuse : de 24 pack/min a 20 pack/min

Les modifications sont appliquées sur les modules de simulation suivant, Voir les **figures 4.8, 4.9, 4.10.**

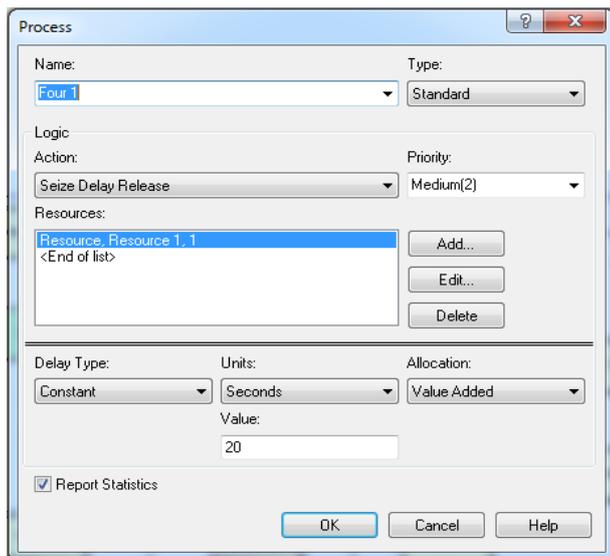


Figure 4.8: Nouveau paramètre de four

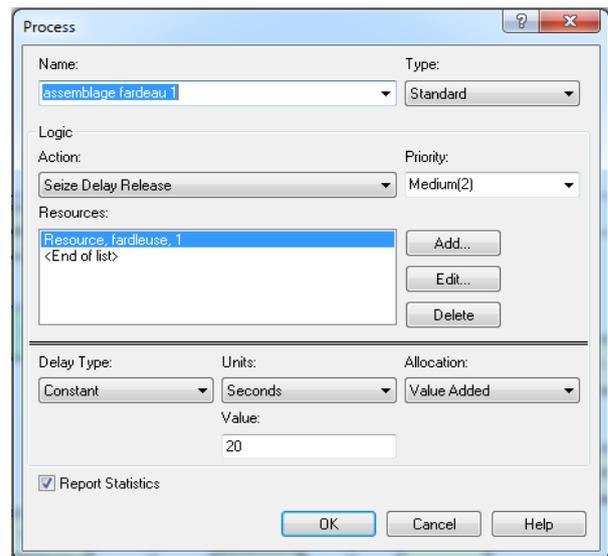


Figure 4.9 : Nouveau paramètre d'assemblage.

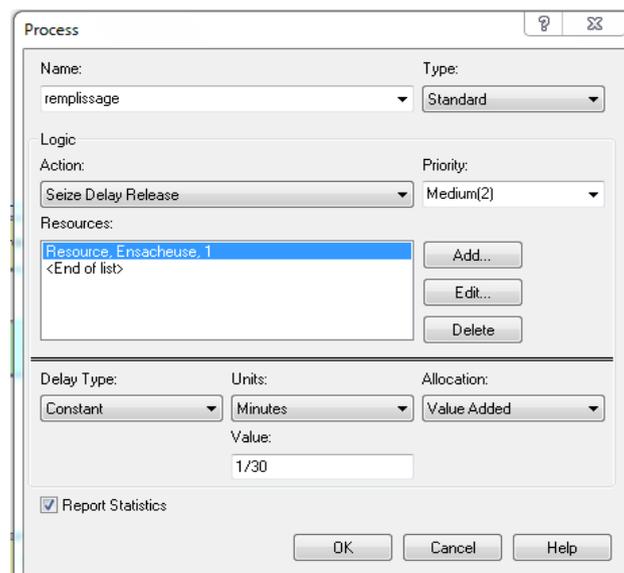


Figure 4.10 : nouveaux paramètres de remplisseuse

La conception d'une chaîne de conditionnement

Les résultats obtenus par cette modification sont mentionnés dans les **figures 4.11, 4.12, 4.13, 4.14.**

4.8 Nouveau Résultat

Les sorties (Number out)



Figure 4.11 : Le nouveau nombre de sorties de système

TC (temps de cycle)

Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
TC1	0.2290	(Correlated)	0.07140212	0.3817

Figure 4.12 : Le nouveau temps de cycle

Le **taux de production maximale (Rb)** est donné par la formule suivant :

$$Rb = \frac{1}{\text{temps entre deux sortie}}$$

TH	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	{ 0.00053376 }	0,000065571	0.00	0.3108

Figure 4.13 : Le nouveau **Rb** par simulation

Application numérique :

$$Rb = \frac{1}{0.00053} = \mathbf{1886 \text{ p/h}}$$

Les encours (WIP) :

WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
kilo	448.62	(Correlated)	0.00	757.00

Figure 4.14 : Le nouveau nombre d'encours (WIP)

La conception d'une chaîne de conditionnement

4.9 Interprétation

La simulation de la nouvelle chaîne de conditionnement nous donne les résultats suivants :

Les sorties (Number out) TH = 13750 Packs.

Les encours (WIP) = 449 Packs.

Temps globale de traitement = min (TC) = 0.071h

Rb (taux de production maximale) = 1886.

En appliquant les trois règles sous EXCEL ont obtient les résultats mentionné, dans la **figure 4.15** sont présenté dans le graphe dans la **figure 4.16**.

n	w	w/rb	Rb	TO	WO	CT	W*TO	TO+(w-1)/Rb	th best	th worst	th pwc
1	200	0,11	1886	0,071	133,906	0,11	14,2	0,18	1886	14,084507	1133,05
2	400	0,21				0,21	28,4	0,28	1886	14,084507	1415,63
3	600	0,32				0,32	42,6	0,39	1886	14,084507	1543,99
4	800	0,42				0,42	56,8	0,49	1886	14,084507	1617,31
5	1000	0,53				0,53	71	0,60	1886	14,084507	1664,75
6	1200	0,64				0,64	85,2	0,71	1886	14,084507	1697,94
7	1400	0,74				0,74	99,4	0,81	1886	14,084507	1722,48
8	1600	0,85				0,85	113,6	0,92	1886	14,084507	1741,35
9	1800	0,95				0,95	127,8	1,02	1886	14,084507	1756,32
10	2000	1,06				1,06	142	1,13	1886	14,084507	1768,48
11	2200	1,17				1,17	156,2	1,24	1886	14,084507	1778,55
12	2400	1,27				1,27	170,4	1,34	1886	14,084507	1787,04
13	2600	1,38				1,38	184,6	1,45	1886	14,084507	1794,28
14	2800	1,48				1,48	198,8	1,56	1886	14,084507	1800,54
15	3000	1,59				1,59	213	1,66	1886	14,084507	1805,99
16	3200	1,70				1,70	227,2	1,77	1886	14,084507	1810,79
17	3400	1,80				1,80	241,4	1,87	1886	14,084507	1815,05
18	3600	1,91				1,91	255,6	1,98	1886	14,084507	1818,85
19	3800	2,01				2,01	269,8	2,09	1886	14,084507	1822,27
20	4000	2,12				2,12	284	2,19	1886	14,084507	1825,35
21	4200	2,23				2,23	298,2	2,30	1886	14,084507	1828,15
22	4400	2,33				2,33	312,4	2,40	1886	14,084507	1830,70
23	4600	2,44				2,44	326,6	2,51	1886	14,084507	1833,04
24	4800	2,55				2,55	340,8	2,62	1886	14,084507	1835,19
25	5000	2,65				2,65	355	2,72	1886	14,084507	1837,17

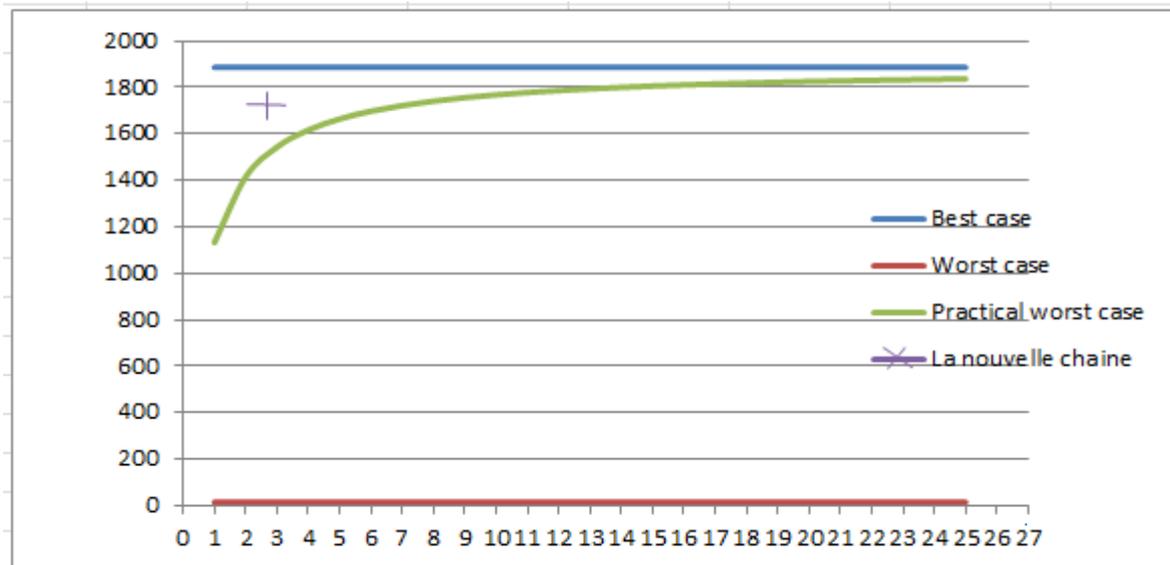
Figure 4.15 : Les nouveaux résultats des calculs sous Excel

D'après le nombre de sortie (Number out) on remarque que la quantité de sorties est de **13750** pack/8h ce qui implique que la quantité de sorties en 1h est : $\frac{13750}{8} = 1718$ pack/h. Donc le point qui représente la nouvelle chaîne de conditionnement a les coordonnées suivantes :

(WIP ; TH)

(448 ; 1718)

La conception d'une chaîne de conditionnement



ECHELLE $\left. \begin{array}{l} -X: 1u \rightarrow 200wip \\ -Y: 1u \rightarrow 200wip \end{array} \right\}$

Figure 4.16 : La nouvelle situation de la nouvelle chaîne entre les trois cas de performance

4.9.1 Résultat 02

La situation de la nouvelle chaîne de conditionnement a été améliorée, Car elle converge vers le meilleur cas pratique.

4.10 L'objectif d'entreprise :

L'entreprise veut produire 5500 packs par jour, la simulation montre que les performances de la nouvelle chaîne sont suffisantes pour satisfaire cette demande avec un taux d'utilisation faible des machines, Voir figure 4.17.

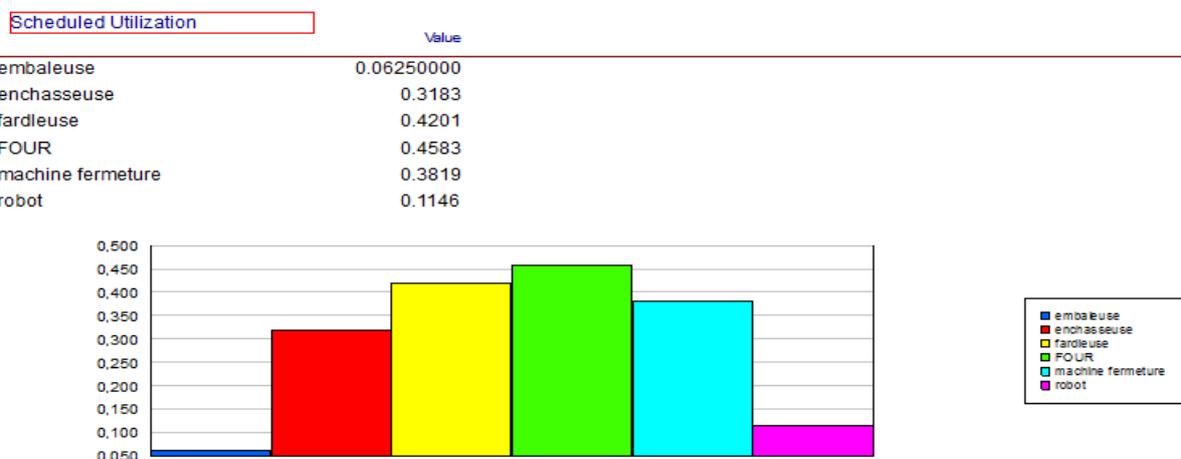


Figure 4.17 : Les taux d'utilisation des machines

4.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons évalué les performances de la nouvelle chaine de conditionnement à travers les notions de factory physics.

Les résultats expriment que la conception est faisable et acceptable pour être réaliser.

Conclusion générale

Chaque début déclenche le compte de rebours d'une fin, Nous avons terminé la réalisation du projet qui sert à concevoir une nouvelle chaîne de conditionnement de pack d'un kilo de farine pour l'entreprise MOULINS HAMAMAT.

Le travail présenté dans ce mémoire nous a permis d'approfondir nos connaissances dans domaine du management industriel en générale et le domaine de "facilities design".

Ce projet a traité plusieurs points pour concevoir la nouvelle chaîne de conditionnement commencer par les choix des machines, Le nombre de machines nécessaires et ainsi que l'aménagement optimale, passant par les calculs de besoins en production par la détermination des quantités nécessaire entrants et sortants dans toutes les stations du système sans oublier d'ajouter les deux facteurs influenceur majeurs qui sont le taux de rebut et l'efficacité dans ce système de conditionnement, ensuite nous avons utilisé le logiciel ARENA qui nous a aidé à créer un modèle de cette chaîne de conditionnement virtuel pour simuler leur capacité de satisfaire notre besoin en conditionnement de pack de un kilo, en fin de compte nous avons utilisé ces résultats de simulation pour pouvoir calculer les nouveaux paramètres de performance du système et les faire analyser par l'application des notions de factory physics en incluant le taux de production, Le temps de cycle, les encours,...etc.

Nous avons constaté que cette conception est capable d'assurer une capacité qui peut satisfaire les besoins d'entreprise en conditionnement de pack d'un kilo avec une abérite d'augmenter la quantité à conditionner jusqu'à **100%**, sachant que la quantité primaire à satisfaire est de **5500 KG/J**.

Ce travail est le résultat de collaboration avec l'ingénieur d'entreprise MOULINS HAMAMAT, M.HAMID sous l'encadrement de Mme.OUHOUD de l'école supérieur des sciences appliquées de TLEMCEM.

Résumé :

Notre projet de fin d'étude s'est déroulé à la société Moulins Hamamat, une entreprise spécialisée dans la production de farine. Notre mission était de concevoir une chaine de conditionnement de pack 1KG par l'application des notions de "facilities design", ensuite la modélisation et la simulation du chaine avec le logiciel Arena. Dans la première partie de ce manuscrit nous avons décrit les concepts de base et les différents processus concernant le domaine abordé dans notre projet qui est le "facilities design". Dans la seconde partie, nous avons d'abord présenté l'organisme d'accueil, ensuite nous avons commencé la conception de la nouvelle chaine, modéliser et simuler le système sous ARENA.

Enfin, nous avons fait une analyse et une interprétation des résultats pour valider notre travail.

MOTS-CLES: Modélisation, Simulation, taux de production, temps de cycle, Encours WIP.

Abstract:

Our graduation project took place at Moulins Hamamat, a company specializing in the production of flour. Our mission was to design a 1KG pack packaging line by applying the concepts of "facilities design", then modeling and simulation of the chain with the Arena software. In the first part of this manuscript we have described the basic concepts and the different processes concerning the field approached in our project which is "facilities design". In the second part, we first presented the host organization, and then we started the design of the new chain, modeled and simulated the system under ARENA.

Finally, we did an analysis and an interpretation of the results to validate our work.

KEYWORDS: Modeling, Simulation, production rate, cycle time, WIP (work in progress).

ملخص

تم مشروع تخرجنا في شركة مطحنة حمامات ، وهي شركة متخصصة في إنتاج الدقيق. كانت مهمتنا هي تصميم خط تعبئة عبوات 1 كجم من خلال تطبيق مفاهيم "تصميم المرافق" ، ثم نمذجة ومحاكاة السلسلة باستخدام برنامج

.ARENA

قد وصفنا في الجزء الأول من هذه المخطوطة المفاهيم الأساسية والعمليات المختلفة المتعلقة بالمجال الذي تم تناوله في مشروعنا وهو "تصميم المرافق". في الجزء الثاني ، قدمنا أولاً المنظمة المضيفة ، ثم بدأنا في تصميم السلسلة الجديدة ثم قمنا بتصميم ومحاكاة السلسلة الجديدة عبر المحاكاة "ارينا"

أخيراً ، قمنا بتحليل وتفسير النتائج للتحقق من صحة عملنا

الكلمات الرئيسية: النمذجة والمحاكاة ومعدل الإنتاج ووقت الدورة والعمل قيد التقدم

Références bibliographique

- [1] Factory physics third edition by Wallace J. Hopp and Mark C. Spearman.2011.
- [2] Simulation with arena sixth edition 2015.
- [3] E. S. Buffa, G.C. Armour, and T.E. Vollman, "Allocating Facilities with CRAFT," Harvard Business Review, Vol. 42, No. 2, March-April, 1964, pp 136-58.
- [4] South African Journal of Industrial Engineering May 2015 Vol 26(1), pp 120-134.
- [5] IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 852 (2020) 012105.
- [6] Adv. Sci. Lett. X, XXX–XXX, 2015.
- [7] IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering1096 (2021) 012026.
- [8] IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 851 (2020) 012037.
- [9] International Series in Operations Research & Management Science.
- [10] Int J Adv Manuf Technol (2006) 28: 766–774.
- [11] Automatic Storage and Retrieval System (AS/RS) Based On Cartesian Robot for Liquid Food Industry
- [12] Guidelines for Siting and Layout of Facilities, 2nd Edition
- [13] «Ojaghi Y». (2015) Y. Ojaghi, A. Khademi, N. M. Yusof, N. G. Renani, and S. A. H. B. S. Hassan, "Production layout optimization for small and medium scale food industry," in Procedia CIRP, 2015
- [14] «Ali Naqvi ». (2016) S. A. Ali Naqvi, M. Fahad, M. Atir, M. Zubair, and M. M. Shehzad, "Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning," Cogent Eng., 2016.
- [15] «Zhang G». (2017) G. Zhang, T. Nishi, S. D. O. Turner, K. Oga, and X. Li, "An integrated strategy for a production planning and warehouse layout problem: Modeling and solution approaches," Omega (United Kingdom), 2017
- [16] «Faisal M». (2017) M. Faisal, A. Saptari, and H. M. Asih, "Relayout planning to reduce waste in food industry through simulation approach," in Communications in Computer and Information Science, 2017.
- [17] «Triagus S. D» 2017. D. Triagus Setiyawan, D. Hadlirotul Qudsiyyah, and S. Asmaul Mustaniroh, "Improvement of Production Facility Layout of Fried Soybean using BLOCPAN and CORELAP Method (A Case Study in UKM MMM Gading Kulon, Malang)," Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri, 2017.

[18] «Tarigan U». (2018) U. Tarigan, U. P. P. Tarigan, and A. R. Rifangi, “Application of lean manufacturing method and BLOCPLAN algorithm for productivity improvement of a laundry soap bar production,” in MATEC Web of Conferences, 2018.

[19] Aini A N, Faridz R and Maflahah I 2019 *Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas Produksi Kue Kering di PT. Surya Indah Food Multirasa* (AGROINTEK) pp 168-176

Références webographique

[20] <https://www.sagbil.com/>. Consulté le : 21/06/2021.

[21] <https://www.economie.gouv.fr/facileco/dossier-lentreprise-cest-quoi>

[22] <https://phoenixwrappers.com/>. Consulté le : 21/06/2021.

[23] <https://www.focusemballage.com/>. Consulté le:21/06/2021.

[24] <https://www.neoveur.com/en/>. Consulté le:21/06/2021.

[25] <https://www.epal-pallets.org/eu-de/ladungstraeger/epal-europalette>. Consulté le:21/06/2021.

[26] https://en.wikipedia.org/wiki/Systematic_layout_planning

[27] <https://www.fichier-pdf.fr/2016/11/28/guide-de-manutention/>

[28] <https://publications.waset.org/3804/improvement-plant-layout-using-systematic-layout-planning-slp-for-increased-productivity>