

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

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



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : génie industriel

Spécialité : management industriel et logistique

Présenté par : BENHASSEN Wafia

Thème

**Analyse des performances du système de
production de l'entreprise Salah Plast par les
principes du factory physics**

Soutenu publiquement, le / / , devant le jury composé de :

| | | | |
|-------------------------|-----------|---------------|--------------------------|
| M. Mohammed BENNEKROUF | MCB | ESSA. Tlemcen | Président |
| M. Fouad MALIKI | MCB | ESSA. Tlemcen | Directeur de mémoire |
| M. Farouk MARINE SASSI | Ingénieur | ESSA. Tlemcen | Co- Directeur de mémoire |
| Mme. Amina OUHOUD | MCB | ESSA. Tlemcen | Examineur 1 |
| Melle. Imene KOULOUGHLI | MCB | ESSA. Tlemcen | Examineur 2 |

Année universitaire : 2020 /2021

Remerciements

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

Je tiens à remercier mon encadrant M. MALIKI , pour son suivi et sa disponibilité et qui ne s'est attardé à nous orienter et nous encourager durant ce travail et tout le long de notre cursus universitaire, afin de donner le meilleur de nous-mêmes.

Je remercie les membres de jury d'avoir accepté de juger mon travail.

Je remercie tous nos enseignants d'avoir été toujours là pour nous .

Je tiens à remercier M.MARINE SASSI Farouk et toute l'équipe de SALAHplast pour leur accompagnement durant les 3 mois du stage .

J'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et mes amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes parents.

Ma famille.

Mon encadrant monsieur *MALIKI*.

et toute personne qui ma aidé a réalisé ce travail.

Résumé

Mon projet de fin d'étude s'est déroulé au sein de l'entreprise SALAH PLAST Oran, une entreprise de fabrications des produits d'emballage en plastique. Ma mission, était de faire l'analyse des performances de la production en utilisant les principes de FACTORY PHYSICS. Dans la première partie, nous avons une introduction sur la gestion de la production en suite nous avons décrit les concepts de base et les différents principes de FACTORY PHYSICS, afin de pouvoir présenter l'utilité et les vastes domaines et problématiques de l'usine qui peuvent être traité par ces principes.

Dans la seconde partie, nous avons fais une présentation de l'industrie plastique, les différents processus de production et la grande importance de cette matière et sa présence dans tout les domaines, avec une présentation de l'organisme d'accueil.

En dernier lieu, on a l'application de l'étude théorique sur un cas réel ou on a utilisé les données de l'entreprise.

MOTS-CLES : emballage en plastique , analyse des performances, FACTORY PHYSICS, l'industrie plastique, processus de production

Abstract

My graduation project took place at SALAH PLAST Oran, a company manufacturing plastic packaging products. My mission was to analyze the performance of production using the principles of FACTORY PHYSICS. In the first part, I described the basic concepts and the different principles concerning the FACTORY PHYSICS analysis tool, in order to be able to present the utility and issues of the factory that can be solved by this tool.

In the second part, I made a presentation of the plastics industry, the different production processes and the great importance of this material and its presence in all fields, with a presentation of the host organization

Finally, we have the application of the theoretical study on a real case where we have used company data.

KEYWORDS: plastic packaging, performance analysis, FACTORY PHYSICS, plastics industry, production process

ملخص

مشروع التخرج تركز على دراسة و تحليل أداء إنتاج مؤسسة مختصة في صناعة منتجات التغليف البلاستيكية بإستخدام مبادئ فيزياء المصانع, في الجزء الأول ، وصفت المفاهيم الأساسية والمبادئ المختلفة المتعلقة بأداة تحليل فيزياء المصنع ، حتى أتمكن من تقديم المجالات العريضة وقضايا المصنع التي يمكن معالجتها بواسطة هذه الأداة في الجزء الثاني ، قدمت عرضاً عن صناعة البلاستيك وعمليات الإنتاج المختلفة والأهمية الكبيرة لهذه المادة ووجودها في جميع المجالات ، مع عرض تقديمي عن المنظمة المضيفة أخيراً ، لدينا تطبيق الدراسة النظرية على حالة حقيقية استخدمنا فيها بيانات الشركة

كلمات الرئيسية: العبوات البلاستيكية ، تحليل الأداء ، فيزياء المصانع، صناعة البلاستيك ، عملية الإنتاج

Table des matières

| | |
|--|----|
| Liste des abréviations | 9 |
| Liste des figures..... | 10 |
| Liste des tableaux | 11 |
| Introduction générale..... | 12 |
| Chap 01. Gestion de la production | 14 |
| 1.1. Introduction | 15 |
| 1.2. Définition de la production..... | 16 |
| 1.3. les différents modes de production..... | 16 |
| 1.4. les flux de la production | 17 |
| 1.5. les flux de la chaine logistique | 18 |
| 1.6. les opérations dans un système de production..... | 19 |
| 1.7. La gestion de la production | 20 |
| 1.7.1. Planification..... | 20 |
| 1.7.2. Ordonnancement..... | 20 |
| 1.7.3. Affectation de ressources | 21 |
| 1.7.4. Gestion de ressources | 21 |
| 1.8. Les contraintes de la production..... | 22 |
| 1.9. Organisation du système de gestion de la production | 23 |
| 1.9.1. Le bureau des études | 23 |
| 1.9.2. Le bureau des méthodes | 23 |
| 1.9.3. Le bureau de planification | 24 |
| 1.9.4. Le bureau d'ordonnancement..... | 24 |
| 1.9.5. Les ateliers de production..... | 24 |
| 1.10. Importance de la gestion de production..... | 26 |
| 1.11. Conclusion..... | 26 |

| | |
|--|----|
| Chap 02. Factory physics | 28 |
| 2.1. Introduction | 29 |
| 2.2. Définitions | 29 |
| 2.3. Paramètres | 32 |
| 2.4. La loi de little | 33 |
| 2.5. Performance du meilleur cas (BEST CASE PERFORMANCE) | 33 |
| 2.6. Performance du Pire cas (WORST CASE PERFORMANCE)..... | 34 |
| 2.7. La performance du pire cas pratique (PRATICAL WORST CASE PERFORMANCE) | 34 |
| 2.8. Les bases de variabilité..... | 36 |
| 2.8.1. Définition..... | 36 |
| 2.8.2. Sources de Variabilité: | 36 |
| 2.8.3. La variance | 37 |
| 2.8.3.4. Variabilité du débit | 41 |
| 2.8.3.5. Caractériser la variabilité des flux | 41 |
| 2.8.3.5.1. Interactions de variabilité-file d'attente | 43 |
| 2.8.3.5.2. Notation et mesures de la file d'attente..... | 43 |
| 2.8.3.5.3. la notation de Kendall | 44 |
| Systèmes avec processus général et temps entre les arrivées | 46 |
| 2.8.3.6. Les effets de blocage : | 47 |
| 2.8.3.7. Mise en commun de la variabilité..... | 48 |
| 2.9. L'influence corruptrice de la variabilité..... | 50 |
| 2.9.1. Performances et variabilité | 51 |
| 2.9.2. Lois de variabilité : | 54 |
| 2.9.3. Fabrication cellulaire | 57 |
| 2.10. Conclusion..... | 58 |
| Chap 03 : Production plastique..... | 59 |
| 3.1. Introduction | 60 |
| 3.2. Origine du plastique | 60 |
| 3.3. Le recyclage des déchets plastiques | 61 |

| | | |
|---------|---|------------------------------------|
| 3.4. | Production plastique en algerie | 61 |
| 3.5. | L'utilisation du plastique..... | 61 |
| 3.6. | La production plastique | 66 |
| 3.6.1. | Moulage par injection..... | 66 |
| 3.6.2. | Moulage par soufflage..... | 69 |
| 3.6.3. | Injection-soufflage..... | 72 |
| 3.6.4. | Thermoformage | 73 |
| 3.7. | Qu'est-ce que l'IML? | 74 |
| 3.8. | Le polypropylène (ou polypropène) (PP)..... | 75 |
| 3.9. | Conclusion..... | 76 |
| 3.10. | Présentation de l'entreprise | 77 |
| 3.10.1. | Introduction | 77 |
| 3.10.2. | Présentation de l'organisme d'accueil..... | 77 |
| 3.10.3. | Les produits | 78 |
| 3.10.4. | Fiche technique BARQUETTE 350ml..... | 81 |
| 3.10.5. | Organigramme..... | 84 |
| 3.10.6. | Fiche technique de l'entreprise..... | 84 |
| 3.10.7. | Analyse swot | 85 |
| 3.10.8. | Conclusion..... | 87 |
| Chap 4. | Analyse des performances d'une chaine de production | 88 |
| 4.1. | Introduction | 89 |
| | MESURER POUR DÉCIDER : | 89 |
| 4.2. | Récolte des données | 90 |
| 4.3. | calcul de temps de cycle moyen | Erreur ! Signet non défini. |
| 4.4. | Encours Critiques (Critical WIP- W_0) | 91 |
| 4.5. | Calcul des performances..... | 94 |
| 4.6. | Variabilité naturelle..... | 95 |
| 4.7. | Variabilité par rapport aux pannes préemptive..... | 98 |
| 4.8. | Variabilité par rapport aux pannes non préemptives | 103 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.9. | Variabilité par rapport au recyclage | 108 |
| 4.10. | Variabilité du débit | 108 |
| 4.11. | Les Arrivées et départs par lots | 110 |
| 4.11. | Les effets de blocage | 110 |
| 4.12. | L'efficacité | 111 |
| 4.13. | Lois sur les lots | 113 |
| 4.14. | Conclusion..... | 113 |
| | Conclusion générale | 114 |
| | Bibliographie | 116 |

Liste des abréviations

PERT: Program Evaluation Review Technique

OPT: Optimized Production Technology

FMS : flexible manufacturing system

MRP: material requirements planning

SMED: single minute exchange of die

SPC : statistical process control

ERP : enterprise resource planning

TH : throughtput

CT :cycle time

WIP : work in process

RMI : raw material inventory

LT : lead time

TS : taux de service

Rb :bottleneck rate

Cv : coefficient de variation

Liste des figures

| | |
|---|-----|
| Figure 1:la différence entre flux tirée et flux poussé..... | 17 |
| Figure 2:les flux de la chaine logistique | 18 |
| Figure 3:les différents ateliers de production | 25 |
| Figure 4 : l'utilisation du plastique par le secteur industriel dans le monde en millions tonnes en 2017..... | 62 |
| Figure 5 : Structure de base d'une machine d'injection plastique | 68 |
| Figure 6 : machine d'injection plastique | 69 |
| Figure 7 : les étapes de soufflage | 71 |
| Figure 8 :les étapes d' Injection-soufflage | 72 |
| Figure 9 :les étapes de thermoformage..... | 74 |
| Figure 10 : l'évolution de la quantité de plastique produite mondialement en millions de tonnes | 76 |
| Figure 11:les différents seaux proposé par l'entreprise | 78 |
| Figure 12:les différents pots proposé par l'entreprise..... | 79 |
| Figure 13:les différents barquettes proposé par l'entreprise | 79 |
| Figure 14:les différents jerricans proposé par l'entreprise | 79 |
| Figure 15 :les temps d'arrêts par code | 90 |
| Figure 16 :récapitulatif du rendement de la production et les arrêts | 91 |
| Figure 17:présentation du débit en fonction des encours..... | 92 |
| Figure 18 : TH best,wort , pwc en fonction du wip | 94 |
| Figure 19:CT best , worst , pwc..... | 95 |
| Figure 20 : gestion des déchets | 108 |
| Figure 21: calcul de variabilité des départs | 109 |

Liste des tableaux

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 : Résumé des formules pour calculer les paramètres du temps de processus effectif..... | 40 |
| Tableau 2: types de variabilité..... | 50 |
| Tableau 3:Fiche technique BARQUETTE 350ml..... | 82 |
| Tableau 4:Fiche technique SEAU 2L..... | 84 |
| Tableau 5:Fiche technique de l'entreprise..... | 85 |
| Tableau 6:analyse SWOT de l'entreprise..... | 86 |
| Tableau 7 : wip critique..... | 93 |
| Tableau 8: temps d'arrêts causé par l'opérateur | 97 |
| Tableau 9: calcul de variabilité naturelle..... | 98 |
| Tableau 10:les arrêts causé par des pannes préemptive | 99 |
| Tableau 11: calcul du disponibilité..... | 101 |
| Tableau 12: calcul de variabilité de réparation..... | 102 |
| Tableau 13: les arrêts causé par des pannes non préemptives | 104 |
| Tableau 14: les arrêts causé par des changement | 105 |
| Tableau 15: calcul de la variabilité du changement | 107 |

Introduction générale

L'industrie aujourd'hui est la base du développement des pays , les entreprises industrielles font face à un marché de plus en plus changeant et une demande de client davantage variable.

L'environnement de production dans le monde entier, fait face à de nombreux défis et changements à cause de l'évolution rapide des marchés qui devient de plus en plus fréquente et imprévisible.

Dans un tel environnement, la réduction des coûts, le respect des délais et le maintien de la qualité sont impératifs pour l'entreprise.

une entreprise manufacturière a un principe fondamental relativement simple : l'objectif c'est gagner de l'argent mais un large éventail de mesures de performance potentielles, telles que le débit, l'inventaire, service client et qualité .

L'importance relative des mesures de performance dépend également du système spécifique et sa stratégie commerciale.il n'est pas possible de définir un ensemble unique de mesures de performance pour tous les systèmes de fabrication.

Factory physics nous permet d'analyser la performance de la production sans avoir a nous comparer aux données des concurrents en négligeant les mesures dont elles étaient réellement prise.

Une meilleure base de référence serait celle qui compare les performance par rapport a ce qui est théoriquement possible .

Nous présentons notre travail sous les trois chapitres

Le 1er chapitre: nous avons une introduction sur la gestion de la production,

Le 2eme chapitre : nous avons défini c'est quoi factory physics

Le 3ème chapitre: présentation de l'industrie plastique et l'entreprise

Le 4ème chapitre c'est l'application de la théorie du premier chapitre sur le cas de l'entreprise

Et enfin, nous terminons par une conclusion générale et perspective.

Chap 01. Gestion de la production

1.1. Introduction

L'histoire de la fabrication remonte à la révolution industrielle au XIXe siècle, où les matières premières étaient transformées en produits finis. Cette période a marqué la transition de la technologie du travail humain vers les machines et les procédés de fabrication chimique, transformant les artisans en ouvriers salariés. Auparavant, les produits artisanaux dominaient le marché.

L'invention et l'amélioration des machines à vapeur et d'autres technologies ont créé une ère industrielle moderne

au début où les entreprises ont adopté des machines dans le processus de fabrication. Si le changement a augmenté le volume des produits finis, il a également réduit le nombre de travailleurs nécessaires pour les produire.

Par exemple, la fabrication à la chaîne et la production en série ont réduit le besoin de personnalisation des pièces. Au lieu de cela, il a permis aux entreprises de fabriquer des pièces remplaçables tout en favorisant la disponibilité des marchandises.

Une de ces entreprises qui a popularisé les techniques de production de masse au début du 20e siècle est Ford Motor Company. Les systèmes contrôlés par ordinateur et les équipements électroniques utilisés pour la précision aident à synchroniser les opérations, permettant aux entreprises d'adopter des processus de fabrication de haute technologie.

En raison de la main-d'œuvre spécialisée et des investissements en capital plus élevés, la valeur ajoutée aux produits utilisant les approches supporte généralement un prix plus élevé. Les économies développées ont tendance à entreprendre des emplois manufacturiers hautement qualifiés requis dans des technologies plus avancées et dont les produits finis sont destinés à servir les consommateurs moyens et haut de gamme.

Aujourd'hui, les changements technologiques rapides renforcent l'efficacité du secteur manufacturier. En particulier, les cycles de vie des produits sont de plus en plus courts sans compromettre la qualité. De plus, la flexibilité et la réactivité de la technologie contribuent à augmenter la productivité des employés.

1.2. Définition de la production

La production est une activité économique exploitant les ressources (matérielles et humaines), le travail et du capital dans le but de réaliser des biens ou des services .

On distingue deux types de productions : la production marchande et la production non marchande.

➤ La production marchande

correspond à produire par des entreprises et a vendre sur un marché de biens et de services dont le prix couvre au moins les coûts de production

➤ La production non marchande

comprend les services gratuits ou quasi-gratuits, Ces services sont fournis par les administrations publiques ou les organisations à but non lucratif .

1.3. les différents modes de production

- La fabrication à l'unité

Une production sur commande donc il y a pas de stock , Ce type de production concerne des biens complexes ou des produits très personnalisés

- La fabrication en série

La production en série est une grande série de produits identiques standardisés.

- La fabrication en continu

les produits passent de machine à la suivante jusqu'à prendre leur forme finale sans arrêt dans la production. La production en continue est généralement une production en série .

1.4. les flux de la production

- FLUX POUSSE

Le flux poussé est une méthode de production stratégique où l'entreprise produit un bien avant que le consommateur en fasse la demande. L'entreprise fabrique le produit et prévoit le nombre de commandes, en anticipant le besoins elle constitue des stocks à chaque étape du processus de production : le stock de matières premières, le stock des produits semi-fini, et pour finir le stock des produits finis jusqu'à la livraison au consommateur final.

- FLUX TIRÉ

est une méthode de production qui se déclenche uniquement à la commande du client.

La demande réelle est utilisée pour déterminer le niveau des approvisionnements et des ressources utilisé . En général, on a pas besoin de stock dans ce type d'organisation, ce qui allège les charges de l'entreprise.

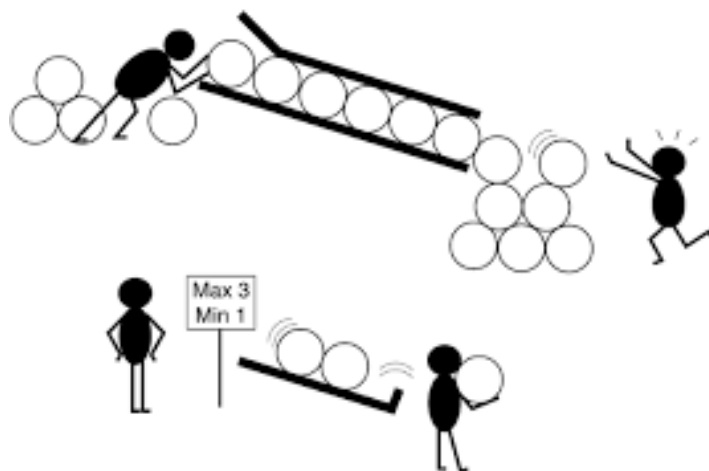


Figure 1:la différence entre flux tirée et flux poussé

1.5. les flux de la chaine logistique

- flux d'information

un flux de données est un transfert d'informations utiles effectué d'un point A vers un point B. L'opération se réalise à partir d'une bande transporteuse où le traitement des éléments est séquentiel et non global

- flux physique

Flux physique est constitue des flux matériels (achat de matières première, transformation des matières premières en produit, livraison des produits.)L'optimisation de ce flux vise à satisfaire les clients du système.

- flux financier

Le flux financier constitue des flux monétaire qui assure la satisfaction des acteurs qui ont participé au fonctionnement de la chaine logistique. Le flux financier circule en sens inverse (en contre partie) du flux physique

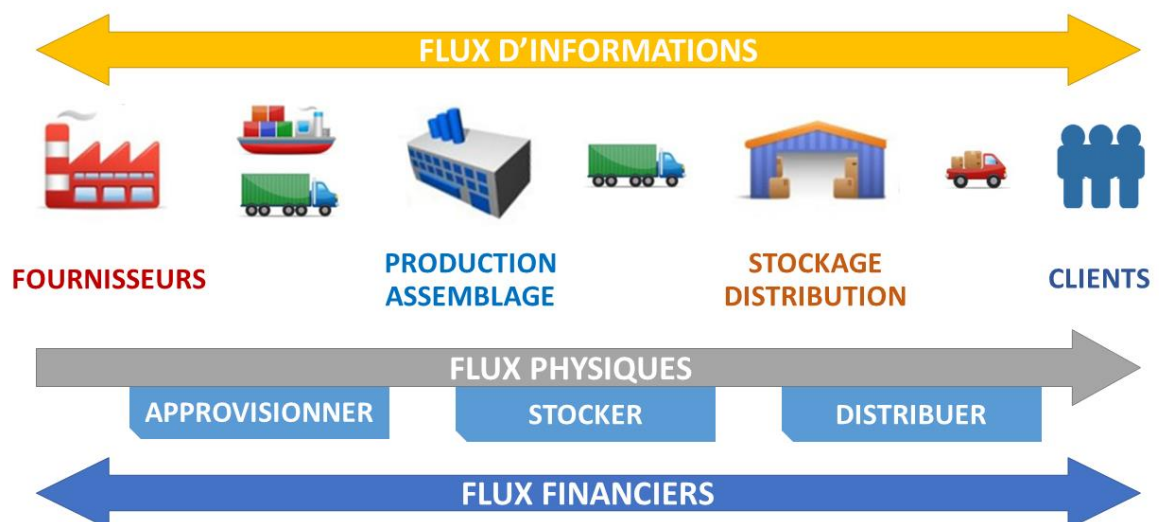


Figure 2:les flux de la chaine logistique

1.6. les opérations dans un système de production

➤ traitement

Ces opérations transforment les matières premières en état a une autre plus avancé et proche à l'état finale voulu, elles rajoutent de la valeur en modifiant la géométrie, propriété, l'apparence et la forme, en utilisant des machines, des outils, et main d'ouvre.

Les opérations de traitement sont divisées en trois catégories(façonnage, amélioration de propriétés , traitement de surface)

➤ assemblage

Action, manière de réunir différentes pièces préalablement ajustées pour qu'elles forment un ensemble rigide ; résultat de cette action. ⁽¹⁾

➤ manutention

Action de manipuler, de déplacer des marchandises en vue de l'emmagasinage, de l'expédition, de la vente ; local réservé à ces opérations. ⁽¹⁾

➤ stockage

Action de stocker, de conserver un produit en attente, en vrac ou en charge unitaire ; fait d'être stocké ⁽¹⁾

➤ test et inspection

c'est un élément clé du contrôle de la qualité,l'inspection des produits permet de vérifier la qualité du produit sur place à différents stades du processus de production et avant son expédition

➤ coordination et contrôle

La fonction de contrôle au niveau de l'usine représente le principal point d'intersection entre les opérations physiques de l'usine et le traitement de l'information en production,

1.7. La gestion de la production

1.7.1. Planification

c'est d'organiser dans le temps une succession d'actions ou d'évènements afin de réaliser un objectif particulier ou un projet.

- long terme : La planification à long terme est effectuée au niveau stratégique et repose principalement sur des prévisions extrapolées à partir des conditions et tendances actuelles.
- moyen terme : Planification tactique est la planification de courte portée (1 an ou moins) qui souligne les opérations courantes de diverses parties de l'organisation.
- court terme : la planification opérationnelle consiste à faire en sorte qu'un projet soit pilotable. Pour ensuite définir des éléments qui vont permettre de déterminer les ressources et les moyens à mettre en œuvre pour respecter les délais de réalisation des tâches définis lors de la planification stratégique du projet.

1.7.2. Ordonnancement

Il s'agit d'organiser la réalisation d'une suite de tâches dans le temps en prenant en compte les différentes contraintes de production qu'elles soient :

- ✓ Techniques, avec les technologies machines et les contraintes enchaînement .
- ✓ Capacitaires, selon la disponibilité des ressources .
- ✓ Temporelles, avec les délais, retards et priorités de la production.

1.7.3. *Affectation de ressources*

Il s'agit du processus qui consiste à affecter et planifier les ressources disponibles de la manière la plus efficace et la plus économique possible. Les ressources sont indispensables aux projets, mais elles se font rares. Il appartient donc au chef de projet de planifier les ressources au bon moment en respectant le calendrier du projet. ⁽²⁾

1.7.4. *Gestion de ressources*

On a différents types de ressources : humaines, matérielles ou financières. Elles englobent les compétences, les savoirs, la technologie. On est obligé de gérer les ressources de façon optimale parce que elles sont limitées. L'optimisation est essentielle pour atteindre les objectifs fixés et répondre aux impératifs de qualité, coûts et délais.

Gérer correctement les ressources d'un projet induit l'implication des bonnes ressources, dans les bonnes quantités et au bon moment. Et les libérer dès qu'elles ne sont plus nécessaires.

- *Les étapes de La gestion des ressources*

D'abord l'estimation des ressources, elles sont ensuite planifiées puis suivies et contrôlées pour être ajustées le cas échéant.

La planification des ressources est réalisée sur la base des analyses capacitaires et des allocations/disponibilités des ressources. L'utilisation des ressources est contrôlée à travers la saisie des temps passés pour les ressources humaines impliquées sur le projet ou à partir d'un planning d'occupation pour les ressources matérielles.

Les analyses permettent de mieux voir les écarts et de gérer les conflits ou surcharges éventuels.

1.8. Les contraintes de la production

- **Financières**

Le but c'est de produire à un coût optimal, malgré qu'il ya des charges qu'on peut pas optimisé comme le coût des matières et consommables, coût de stockage des encours et des produits semi ouvrés, coût de gestion des magasins, coût des heures de travail supplémentaires, coût des arrêts ...faisant partie intégrante du coût de revient, maîtriser ces derniers est aussi une garantie pour la commercialisation des produits finis ;

- **Temporelles**

(Produire dans les délais, assurer une livraison juste à temps), éviter les ruptures de stocks, éviter le gonflage des stocks de produits finis. Car cela a une incidence directe sur la satisfaction de la clientèle (pertes de commandes) ou sur le coût de revient du produit finis dû au coûts supplémentaires du stockage.

- **Mécaniques**

(Maintenance préventives et gestion des temps d'arrêt), anticiper sur les pannes et prévoir des solutions alternatives en cas d'arrêt d'une machine,

- **Qualité**

(Produire avec le moins de défauts possible, le moins de déchets), un produit de bonne qualité participe à la fidélisation de la clientèle, véhicule l'image de marque de l'entreprise.

- **Planification**

Assurer une circulation continue des flux, détecter et supprimer les goulets d'étranglement dans le circuit de production. Il s'agit aussi à ce niveau de définir un plan de production, de définir les gammes opératoires, d'ordonner les opérations, et enfin de gérer la répartition des tâches durant tout le processus de fabrication.(3)

1.9. Organisation du système de gestion de la production

1.9.1. Le bureau des études

L'objectif principal du bureau d'études consiste à analyser des données, mais également à réaliser diverses études, afin d'orienter son client vers des choix sur le plan technique, mais aussi structurel.

Il est responsable de fournir la conception des produits finis qui seront fabriqués. Et de dresser la liste des composants pour chaque produit dans une structure de décomposition appelée nomenclature. Il existe différents types de bureau d'étude : (structure, infiltrométrie, géotechnique, thermique...)

1.9.2. Le bureau des méthodes

Le bureau des méthodes ou service des méthodes est l'interface entre la ligne de production et le bureau d'étude. Il fournit les outils utiles à la production afin d'améliorer la productivité globale de l'entreprise, d'améliorer les conditions de travail et de fournir les outils d'analyse nécessaires aux études de coûts standard. Ce service est en relation directe avec : le bureau d'étude, la production, les achats, les commerciaux, la logistique.

Le rôle d'un bureau de méthode est de :

- Vérifier avec le bureau d'étude la faisabilité et la fabricabilité d'un produit,
- Définir les moyens de production nécessaires (machines, opérateurs, matériels et équipements, ...),
- définir les temps nécessaires à la production,
- définir les coûts de production,
- optimiser les temps/coûts de production.
- Il est aussi en charge, selon les entreprises, de veiller au bon fonctionnement de la production .

1.9.3. Le bureau de planification

En fonction de la demande des produits, des prévisions de consommation, ce service coordonne et régule les activités de production. Il est en charge du choix des sources d'approvisionnement, de la planification des livraisons de matières et consommables et de la gestion des stocks. Il définit et gère le plan industriel et commercial de l'entreprise (3)

1.9.4. Le bureau d'ordonnancement

Il définit et gère le plan directeur de production ; organise les activités et décrit l'ordre dans lequel elles sont exécutées au sein des différentes unités de fabrication. Il programme la succession des tâches à réaliser en un délai optimal. Pour l'atteinte de ses objectifs, les outils/Méthodes suivants sont utilisés : La méthode de GANTT - La méthode PERT – La méthode des potentiels Métra - La méthode OPT - La méthode FMS - La méthode de Johnson - La programmation linéaire

1.9.5. Les ateliers de production

Les ateliers assurent la transformation des matières premières en produits finis en exécutant des tâches, suivant un plan défini par le bureau d'ordonnancement.

- **Job shop**
 - ✓ Disposition suivant le procédé
 - ✓ Les machines sont placées suivant leurs procédés de fabrication
 - ✓ Machines Standards
 - ✓ Grande variété
 - ✓ Petits lots
 - ✓ Transport et manutention flexible

- *Flow shop*

- ✓ La disposition des machines est en chaînes suivant la séquence d'opérations réalisée sur les produits
- ✓ Chaîne d'assemblage (industrie automobile)
- ✓ Un type de produit à la fois
- ✓ Temps de changement longs
- ✓ Manutention automatisée

- *Project shop*

- ✓ Les machines et ressources sont déplacés vers le produit suivant le besoin (Avions, bateaux, installations industrielles ,Pons, Bâtiments)

- *Cellular layout*

- ✓ les machines sont groupé suivant la famille de produit qu'elles traitent.
- ✓ technologie de groupe
- ✓ Chaque cellule se traite indépendamment pour l'ordonnancement et le contrôle

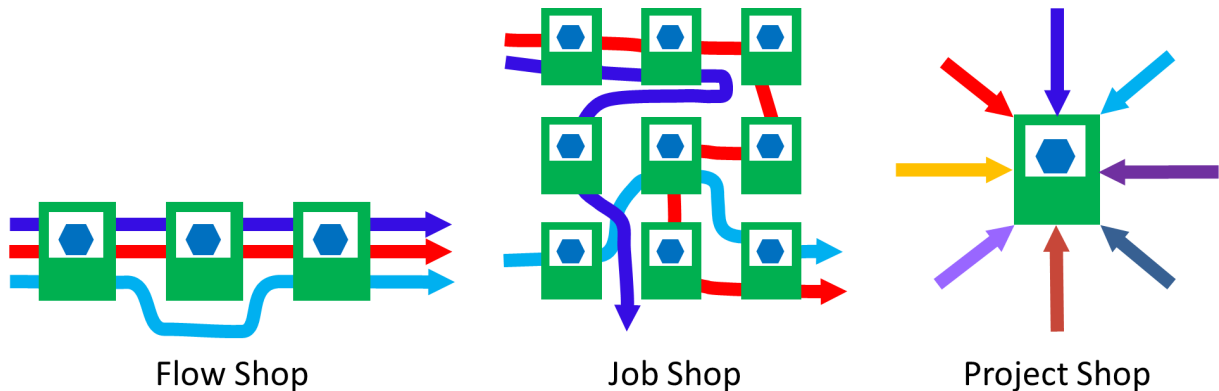


Figure 3:les différents ateliers de production

1.10. Importance de la gestion de production

La gestion des flux de production est stratégique pour obtenir une performance globale de la production.

Cela arrive en combinant la sécurité et le bien-être des opérateurs, la maîtrise des coûts, des délais et, aussi, de la qualité et le respect de l'environnement.

La difficulté de la performance industrielle tient au pilotage d'un grand nombre de variables.

Une solution de gestion de production améliore la synchronisation des flux de production, la précision et la traçabilité des opérations et, aussi, la maîtrise des consommations. Ce qui implique une réduction des coûts de production, une limitation de ses stocks, une meilleure prévisibilité de ses délais, des gains de productivité et la réduction des interruptions de production et, enfin, une amélioration de la qualité.

1.11. Conclusion

l'entreprise a besoin d'une gestion de production résolument moderne et efficace ,Quel que soit son secteur d'activité l'entreprise doit mettre en œuvre de nouveaux principes de gestion de production, l'implication, la formation des acteurs de l'entreprise et la mise en œuvre de technologies.

On doit donc suivre cette démarche

- Se fixer une stratégie industrielle .
- En déduire les principes de gestion (tension des flux, qualité totale, planification) .
- Définir les méthodes appropriées (MRP2, Kanban...) .
- Définir les outils appropriés (SMED, SPC, ERP...)

Chap 02. Factory physics

2.1. Introduction

Factory physics nous permet d'analyser la performance de la production sans avoir à nous comparer à des concurrents même si on pourrait obtenir les données, il y'aurait toujours la question de savoir dans quelle mesures elles étaient réellement prise.

Enfin, chaque établissement est unique, être meilleur ou pire qu'un autre type d'établissement ne veut pas forcément dire grande chose.

Une meilleure base de référence serait celle qui compare les performance par rapport à ce qui est théoriquement possible.

La loi de Little ($TH = CT/WIP$) implique qu'il est possible d'atteindre le même débit avec temps de cycle long et grand WIP ou temps de cycle court et petit WIP. Bien sûr, Un système à temps de cycle court et à faible WIP est préférable. Mais qu'est-ce qui fait la différence? la réponse, dans de nombreux cas, est la variabilité.

La variabilité existe dans tous les systèmes de production et peut avoir un impact énorme sur la performance.

Dans ce chapitre, nous présentons les lois régissant la manière dont la variabilité affecte le comportement des systèmes de fabrication. Ceux-ci définissent les principaux compromis auxquels il faut faire face pour développer des opérations efficaces.

2.2. Définitions

- Job

pièces ou lot de pièces se déplaçant entre les stations

- Le débit _ throughput (TH)

Le rendement moyen d'un processus de production par unité de temps

Par exemple : pièces /heures

Au niveau des entreprises le débit est défini comme la production par unité de temps vendue , cependant les responsables des lignes de production contrôlent généralement ce qui est fait plutôt que ce qui est vendu

Par conséquent, pour une usine , une ligne ou un poste de travail on définit le débit comme la quantité moyenne de bonne pièces(non défectueuse)

- Capacité

Une limite supérieure du débit d'un processus de production est sa capacité , dans la plus part des cas le fait de libérer du travail dans le système a une capacité égale ou supérieure a la capacité le système devient instable , seuls des systèmes très spéciaux peuvent fonctionner de manière stable a pleine capacité .

- Stock matière première (Raw Material Inventory – RMI)

Les entrées physiques au début de la production , même si le matériau peut avoir déjà subi un certain traitement .

- Stock des produits finis (Finished Goods Inventory - FGI)

Le stock a la fin de routage c'est l'endroit ou les produits finis sont conservés avant l'expédition au client .

- Encours (Work in Process - WIP)

L'inventaire entre les points de depart et d'arrivé d'un produit .

Le routage est appelé le job en cours puisque les gammes commencent et se terminent au point de stockage.

- Rotation de stocks

Mesure couramment utilisée pour mesurer l'efficacité avec laquelle l'inventaire est utilisé

le taux de rotation = débit / l'inventaire moyen.

- Le temps de cycle (CT)

Egalement appelé temps de cycle moyen, temps de traitement et temps de séjour

C'est le temps moyen à partir du lancement de job au début de la gamme jusqu'à ce qu'il atteigne un point de stockage à la fin de routage, c'est-à-dire le temps que la pièce passe en WIP.

- Le délai _lead time (LT)

Le délai d'exécution d'une gamme ou d'une ligne donnée est le temps alloué pour la production d'une pièce sur cette gamme ou cette ligne.

- Taux de service (TS)

mesure de la qualité de service, probabilité que le délai soit supérieur au temps de cycle.

$$TS = P(CT < LT)$$

- Utilisation

C'est le temps pendant lequel le poste de travail travaille sur des pièces ou a des pièces en attentes et il est incapable de travailler dessus en raison d'une panne de la machine.

Utilisation = taux d'arrivée / taux de production effectif

- Taux de production effectif

Est défini comme le taux moyen maximal auquel la station de travail peut traiter des pièces en tenant compte des effets des pannes, des configurations et de tous les autres variables qui sont pertinents au cours d'une période.

2.3. Paramètres

- taux machine goulot (Bottleneck Rate - r_b)

C'est le taux (pièces ou travaux par unité de temps) du poste de travail ayant la plus forte utilisation à long terme.

- Temps d'opération global (Raw Process Time - T_0)

C'est la somme des temps de traitement moyen a long terme de chaque poste de travail de la ligne.

On peut le définir aussi comme le temps moyen qu'il faut a un seul travail pour traiter une ligne vide.

Sur le long terme T_0 devrait inclure des éléments aléatoires avec une planification peu fréquente ,plus les pannes.

Alors qu'au court terme ,il ne devrait inclure que les retards les plus fréquents.

- Encours Critiques (Critical WIP- W_0)

C'est le niveau de WIP pour lequel une ligne avec des valeurs données de r_b et T_0 atteint un débit maximal(r_b) avec un temps de cycle minimal (T_0)

$$W_0 = r_b \times T_0$$

Calcul de capacité

Une seule machine : $capacité = \frac{1}{\text{temps de processus}}$

Plusieurs machines identique parallèle : $capacité = \frac{\text{nbr de machines}}{\text{temps de processus}}$

2.4. La loi de little

$$wip = TH \times TC$$

La loi de little est la physique de l'usine « $f=ma$ »

C'est une relation largement applicable , équation qui relie trois grandeurs fondamentales .

La loi de little est valable pour toutes les lignes de production pas seulement celles avec zéro variabilité.

L'utilisation de la loi de little

1. Calculs de la longueur de la file d'attente
2. Réduction du temps de cycle
3. Mesure du temps de cycle
4. Planification des stocks

2.5. Performance du meilleur cas (BEST CASE PERFORMANCE) (4)

Le temps de cycle minimal pour un niveau WIP est donné par

$$CT_{best} = \begin{cases} T_0 & \text{si } w \leq w_0 \\ w/rb & \text{sinon} \end{cases}$$

Le débit maximal pour un niveau de WIP donné :

$$TH_{best} = \begin{cases} w/T_0 & \text{si } w \leq w_0 \\ rb & \text{sinon} \end{cases}$$

Une conclusion que nous pouvons en tirer est que contrairement au slogan populaire , zéro stock n'est pas un objectif réaliste même dans des conditions déterministes parfaites aucun inventaire produit un débit nul et donc un revenu nul .

Un WIP plus réaliste est le WIP w_0 critique.

2.6. Performance du Pire cas (WORST CASE PERFORMANCE)

C'est le cas avec un temps de cycle maximal et un débit minimal pour une ligne

$$CT \text{ worst} = \frac{w}{T_0}$$

$$TH \text{ worst} = \frac{1}{T_0}$$

Les performances du meilleur et du pire des cas se produisent dans des systèmes sans caractère aléatoire.

On peut avoir le pire cas en forçant le temps d'attente (à fin de rendre les temps de cycle aussi long que possible, et les temps de traitement aussi variables que possible)

2.7. La performance du pire cas pratique (PRATICAL WORST CASE PERFORMANCE)

Pratiquement aucune ligne du monde réel ne se comporte littéralement selon le meilleur ou le pire des cas , pour mieux comprendre le comportement entre les deux cas extrêmes.

On considère un nouveau cas qui implique le hasard .

En fait dans un sens il représente « le maximum aléatoire » nous appelons cela le pire des cas pratiques .

Une station avec N machine chacune avec t moyenne des temps de traitement , et niveau constant de WIP

$$T_0 = t \times Nrb = 1/t$$

- Le temps de cycle moyen (4)

CT(station) = temps pour autre jobs + temps pour le job(i)

$$ct(station) = \frac{w-1}{N} \times t + 1 = \left(1 + \frac{w-1}{N}\right) \times t$$

Toutes les stations étant supposées identiques :

$$ct(chaine) = N \times \left(1 + \frac{w-1}{N}\right) \times t = T_0 + \frac{w-1}{rb}$$

- Le débit

$$TH = \frac{WIP}{CT}$$

$$TH = rb \times \left(\frac{w}{w_0 + w - 1}\right)$$

2.8. Les bases de variabilité

2.8.1. Définition

Qu'est-ce que la variabilité exactement? Une définition formelle est la qualité de la non-uniformité d'une classe d'entités.

Il existe de nombreux attributs dans lesquels la variabilité est intéressante. Dimensions physiques, temps de processus, panne / réparation de la machine ,temps, qualité. mesures, températures, dureté du matériau, temps de mise en place, etc.

Pour comprendre les causes et les effets de la variabilité, il faut comprendre le concept du hasard et le sujet connexe de la probabilité.

La variabilité est tout ce qui fait dévier le système du comportement régulier et prévisible.

- Une variation contrôlable résulte directement des décisions.
- La variation aléatoire est une conséquence d'événements au-delà de notre contrôle.

2.8.2. Sources de Variabilité:

- Temps de changement
- Variation de la pièce
- Pannes de machines
- Niveaux de compétence différents
- Pénuries de matériaux
- Modification technique
- Perte de productivité
- Commandes client
- Refabrication
- Diversification des produits
- Manutention
- Indisponibilité de l'opérateur

28.3. La variance

La variance, communément désignée par un σ^2 (sigma au carré), est une mesure de la variabilité absolue, tout comme l'écart type σ , défini comme la racine carrée de la variance. Souvent, la variabilité absolue est moins importante que la variabilité relative.

▪ *coefficient de variation (CV)*

Une mesure relative raisonnable de la variabilité d'une variable aléatoire est la norme écart divisé par la moyenne, appelée coefficient de variation (CV)

soit μ la moyenne (nous utilisons μ parce que les variables aléatoires primaires que nous considérons ici les temps) et σ^2 dénotent la variance, le coefficient de variation c peut s'écrire :

$$C = \sigma / \mu$$

Dans de nombreux cas, il s'avère plus pratique d'utiliser le coefficient carré de variation (SCV)

$$C^2 = \sigma^2 / \mu^2$$

Nous utiliserons largement le CV et le SCV pour représenter et analyser la variabilité des systèmes de production.

On dira qu'une variable aléatoire a

- Une faible variabilité (LV) si son CV est inférieur à 0,75,
- Une variabilité modérée (MV) si son CV est entre 0,75 et 1,33, une forte variabilité (RV) si le CV est supérieur à 1.33

▪ *Variabilité naturelle*

C'est la variabilité inhérente au temps de processus naturel, qui exclut les temps d'arrêt aléatoires, les configurations ou toute autre influence externe.

Elle tient compte de la variabilité des sources qui n'ont pas été explicitement cités (beaucoup de ces non identifiés des sources de variabilité sont liées à l'opérateur)

Il y a généralement plus de variabilité naturelle dans un processus manuel que dans un processus automatisé.

μ_0 et σ_0 la moyenne et l'écart type, respectivement, de temps de traitement.

nous pouvons exprimer le coefficient de variation du temps de processus naturel $C_0 = \sigma_0 / \mu_0$

Dans la plupart des systèmes, les temps de processus naturels sont LV et donc $C_0 < 0,75$.

2.8.3.1. Variabilité par rapport aux pannes préemptive (4)

Nous appelons les pannes des pannes préemptive, car elles se produisent si nous le voulons ou non.

Exemple

Pannes de courant, opérateurs appelé en cas d'urgence ou manque de consommables.

- La disponibilité :

$$A = \frac{\text{mean time to failure}}{\text{mean time to failure} + \text{mean time to repair}}$$

- Temps de processus effectif : $te = \frac{t_0}{A}$

- Capacité :

r_0 : capacité naturelle

r_e : capacité effective

$$r_e = \frac{\text{nbrdemachines}}{te} = A \times \frac{\text{nbrdemachines}}{t_0} = A \times r_0$$

- c_r = coefficient de variabilité du temps de réparation $c_r = (\sigma_r/m_r)$

σ_r : la variabilité du temps de réparation

m_r : temps moyen de réparation

$$\sigma_e^2 = \left(\frac{\sigma}{A}\right)^2 + \frac{t_0 \times (m_r^2 + \sigma_r^2) \times (1-A)}{A \times m_r}$$

$$c_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{te^2} = c_0^2 + (1 + c_r^2) \times A \times (1 - A) \times \frac{m_r}{t_0}$$

$$c_e^2 = c_0^2 + A \times (1 - A) \times \frac{m_r}{t_0} + c_r^2 \times A \times (1 - A) \times \frac{m_r}{t_0}$$

Le premier terme est dû à la variabilité naturelle (non expliquée) du processus.

Le second terme est dû au fait qu'il y a des pannes aléatoires.

Cependant, le dernier terme est explicitement dû à la variabilité des temps de réparation et disparaîtrait si cette variabilité était éliminée.

2.8.3.2. Variabilité par rapport aux pannes non préemptives

Les pannes préemptives représentent des temps d'arrêt qui se produiront inévitablement mais pour lesquels nous avons un certain contrôle quant au moment exact.

- Temps de changement : les configurations peuvent être considérés comme des pannes non préemptives lorsqu'ils se produisent en raison de changements dans le processus de production.

Autres pannes non préemptives comprennent la maintenance préventive, les pauses, les réunions d'opérateurs et les changements de quart.

- Temps de traitement effectif pour une seule machine est l'inverse de la capacité effective.

N_s = Nombre moyens de jobs entre changements

t_s = Temps de changements moyens

σ_s = Ecart type sur les temps de changement

$$c_s = \frac{\sigma_s}{t_s}$$

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{N_s}$$

$$\sigma_e^2 = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N_s} + \frac{N_s - 1}{N_s^2} t_s^2$$

$$c_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{t_e^2}$$

2.8.3.3. Variabilité par rapport au recyclage

Les problèmes de qualité constituent une autre source majeure de variabilité des systèmes de fabrication.

le cas de qualité le plus simple à analyser est celui de la retouche sur un seul poste de travail.

Ça arrive lorsqu'un poste de travail exécute une tâche et vérifie ensuite si la tâche a été effectuée correctement.

Dans le cas contraire, la tâche est répétée.

La raison traditionnelle de réduire les retouches est d'éviter une perte de capacité effective (c.-à-d. réduire les déchets) plus de retouches implique plus de variabilité.

Une plus grande variabilité entraîne plus de congestion, de WIP et de temps de cycle. Par conséquent, ces impacts de variabilité, couplés à la perte de capacité, font de la reprise un problème perturbateur.

| Situation | Natural | Preemptive | Nonpreemptive |
|--------------|-------------------------|--|---|
| Examples | Reliable Machine | Random Failures | Setups; Rework |
| Parameters | t_0, c_0^2 (basic) | Basic plus m_f, m_r, c_r^2 | Basic plus N_s, t_s, c_s^2 |
| t_e | t_0 | $\frac{t_0}{A}, A = \frac{m_f}{m_f + m_r}$ | $t_0 + \frac{t_s}{N_s}$ |
| σ_e^2 | $t_0^2 c_0^2$ | $\frac{\sigma_0^2}{A^2} + \frac{(m_r^2 + \sigma_r^2)(1 - A)t_0}{Am_r}$ | $\sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N_s} + \frac{N_s - 1}{N_s^2} t_s^2$ |
| c_e^2 | c_0^2 | $c_0^2 + (1 + c_r^2)A(1 - A)\frac{m_r}{t_0}$ | $\frac{\sigma_e^2}{t_e^2}$ |

Tableau 1 : Résumé des formules pour calculer les paramètres du temps de processus effectif

2.8.3.4. Variabilité du débit

Les flux se réfèrent au transfert de jobs ou de pièces d'une station à une autre.

Clairement si un poste de travail en amont a des temps de processus très variables, les flux qu'il alimente vers les postes de travail en aval va être également très variable.

Par conséquent, on caractérise la variabilité des flux.

2.8.3.5. Caractériser la variabilité des flux

Le point de départ de l'étude des flux est l'arrivée des jobs sur un poste de travail unique.

Les départs de ce poste de travail seront à leur tour des arrivées vers d'autres postes de travail.

Par conséquent, une fois que nous avons décrit la variabilité des arrivées à un poste de travail et déterminé comment cela affecte la variabilité des départs de ce poste de travail (et donc des arrivées vers d'autres postes de travail), nous aurons caractérisé la variabilité du débit sur l'ensemble de la ligne

Les descripteurs des arrivées à un poste de travail

- **le taux d'arrivée**

Mesuré en job par unité de temps (les unités de taux d'arrivée doivent être les mêmes que celles de la capacité.)

Avec $r_e > r_a$ $c_a = \sigma_a / t_a$

- un CV d'arrivée bas indique des arrivées régulières ou régulièrement espacées.
- un CV d'arrivée élevé indique des arrivées irrégulières ou «éclatées».

✓ temps moyen entre départs(t_d) :

le taux de départ $r_d = \frac{1}{t_d}$

coefficient de variation de départ (c_d)

Dans une ligne de production en série, où toute la sortie du poste de travail i devient une entrée vers le poste de travail $i + 1$, le taux de départ de i doit être égal au taux d'arrivée à $i + 1$, donc

$T_a(i+1) = t_d(i)$

En effet, dans une ligne de production en série sans perte de rendement ni reprise, le taux d'arrivée à chaque poste de travail est égal au débit TH. Aussi, dans une ligne série d'où les départs

i deviens arrivées à $i + 1$, le CV de départ du poste de travail i est le même que le CV d'arrivée du poste de travail $i + 1$

$$ca(i + 1) = cd(i)$$

✓ L'utilisation :

La variabilité des départs d'une station résulte de :

à la fois la variabilité des arrivées à la station et la variabilité des temps de traitement.

la contribution relatif de ces deux facteurs dépend de l'utilisation du poste de travail.

$U = \frac{ra \times te}{m}$ avec m le nombre de machines identiques.

Si u est proche de un, la station est presque toujours occupée. Par conséquent, sous ces conditions, les heures d'interdépart de la gare seront essentiellement identiques aux temps de traitement.

Donc $Cd = ce$

Lorsque u est proche de zéro, la station est très faiblement chargée. Pratiquement chaque fois qu'un job est terminé, la station doit attendre longtemps pour travailler sur une autre arrivée les heures inter-départs seront presque identiques aux heures interarrivées. Donc $Cd = ca$

Une bonne méthode simple pour interpoler entre ces deux extrêmes consiste à utiliser le carré de l'utilisation comme suit

Station avec une seule machine :

$$c_d^2 = u^2 c_e^2 + (1 - u^2) c_a^2$$

Station à multi-machine:

$$c_d^2 = 1 + (1 - u^2)(c_a^2 - 1) + \frac{u^2}{\sqrt{m}}(c_e^2 - 1)$$

En utilisant le même schéma de classification que nous avons utilisé pour la variabilité du temps de traitement, on peut classer les arrivées en fonction du CV d'arrivée C_a comme suit:

Low variability (LV) $C_a \leq 0.75$

Moderate variability (MV) $0.75 < C_a \leq 1.33$

High variability (HV) $C_a > 1.33$

2.8.3.5. Les Arrivées et départs par lots :

Les arrivées par lots constituent une cause importante de la variabilité des flux.

Ça se produit à chaque fois que les jobs sont regroupés pour être livrés à une station.

2.8.3.5.1. Interactions de variabilité-file d'attente (4)

Le temps de processus réel (y compris les configurations, les temps d'arrêt, etc.) ne représente généralement qu'une petite fraction (5 à 10 pour cent) du temps de cycle total.

dans une usine La majeure partie du temps supplémentaire est consacrée à l'attente de diverses ressources (par exemple, des postes de travail, dispositifs de transport, opérateurs de machines, etc.).

la théorie des files d'attente est un outil puissant pour analyser les systèmes de fabrication.

Un système de mise en file d'attente combine : un processus d'arrivée, un processus de service (c'est-à-dire de production) et une file d'attente.

Quel que soit le système de files d'attente considéré, le travail de la théorie des files d'attente est de caractériser les mesures de performance en termes de paramètres descriptifs.

2.8.3.5.2. Notation et mesures de la file d'attente

r_a = taux d'arrivées de jobs par unité de temps à la station . Dans une ligne série sans perte ou reprise, $r_a = TH$ à chaque poste de travail.

$T_a = 1/r_a$ = Temps moyen entre les arrivées

C_a = CV d'arrivée

m = Nombre de machines parallèles à la station

b = Taille de la mémoire tampon (c'est-à-dire, nombre maximum de travaux autorisés dans le système)

t_e = Temps de traitement effectif moyen. Le débit (capacité) du poste de travail est donné par $re = m/t_e$.

C_e = CV du temps de processus effectif

Les mesures du rendement sur lesquelles nous allons nous concentrer sont

P_n = Probabilité qu'il y ait n emplois à la station.

CT_q = Temps d'attente attendu passé dans la file d'attente.

CT = Temps prévu passé à la station (c.-à-d. Temps de file d'attente plus temps de traitement).

WIP = Niveau WIP moyen (en jobs) à la station.

WIP_q =: WIP attendu (dans les travaux) dans la file d'attente.

2.8.3.5.3. *la notation de Kendall(4)*

Une classification partielle des systèmes de mise en file d'attente à poste unique et à classe de travail unique est donnée par la notation de Kendall, qui caractérise une station de mise en file d'attente au moyen de quatre paramètres:

A/B/m/b

Où:

- A: Processus d'arrivée
- B: Processus de service
- m: Nombre de machines
- b: Nombre maximum des jobs dans le système

A & B pourrait être:

- M: Distribution exponentielle (markovienne)
- G: Distribution complètement générale
- D: Distribution constante (déterministe).

Les relations fondamentales :

$$U = \frac{ra}{re} = \frac{ra \times te}{m}$$

$$CT = CT_q + te$$

$$WIP = TH \times CT$$

$$WIP_q = ra \times CT_q$$

La file d'attente M / M / 1 :

Ce modèle suppose un temps interarrivées exponentielles, une seule machine avec des temps de processus exponentiels, un protocole premier venu premier servi et espace illimité pour les travaux en attente dans la file d'attente.

On a besoin de :

t_a : c'est le Temps moyen entre deux arrivés

r_a : le Taux d'arrivée $r_a = 1/t_a$

t_e : le Temps moyen de traitement

r_e : le Taux de traitement $r_e = 1/t_e$

n : le Nombre de jobs actuellement dans le système.

Les formules :

$$WIP(M / M / 1) = \frac{u}{1 - u}$$

$$CT(M / M / 1) = \frac{WIP(M / M / 1)}{r_a} = \frac{t_e}{1 - u}$$

$$CT_q(M / M / 1) = CT(M / M / 1) - t_e = \frac{u}{1 - u} t_e$$

$$WIP_q(M / M / 1) = r_a \times CT_q(M / M / 1) = \frac{u^2}{1 - u}$$

Systèmes avec processus général et temps entre les arrivées

La plupart des systèmes de fabrication du monde réel ne satisfont pas aux hypothèses du modèle M/M/1 de file d'attente.

Les temps de traitement sont rarement exponentiels.

Lorsque les postes de travail sont alimentés par stations amont dont les temps de traitement ne sont pas exponentiels, les temps d'interarrivée sont également peu probable qu'elle soit exponentielle. Pour traiter les systèmes avec interarrivée non exponentielle et distributions de temps de traitement, nous devons passer à la file d'attente G/G/1.

$$CT_q \approx V \times U \times t \approx \left(\frac{c_a^2 + c_e^2}{2} \right) \left(\frac{u}{1-u} \right) t_e$$

L'expression de temps d'attente dans la file est composé de trois termes : Une variabilité sans dimension terme V, Un terme d'utilisation U et Un terme de temps T.

Machines parallèle La file d'attente M/M/m:

$$CT_q \approx \frac{u^{\sqrt{2(m+1)}-1}}{m(1-u)} t_e$$

Dans ce modèle, tous les jobs attendent dans une seule file d'attente la prochaine machine disponible.

Machines parallèles et temps généraux : $CT_q \approx V \times U \times t$

$$\approx \left(\frac{c_a^2 + c_e^2}{2} \right) \left(\frac{u^{\sqrt{2(m+1)}-1}}{m(1-u)} \right) t_e$$

2.8.3.6. Les effets de blocage :

✓ La file d'attente M/M/1/b

- Les temps de traitement et d'interarrivée sont exponentiels.
- Il n'y a assez d'espace que pour b unités dans le système (en file d'attente et en cours).
- Chaque fois que le système devient plein, le processus d'arrivée est arrêté. Lorsque cela se produit, la machine est dit bloqué.
- Le taux d'arrivée représente le taux d'arrivées potentielles.
- L'utilisation n'est plus la probabilité à long terme que la machine soit occupée, mais si aucune arrivée n'était refusée.

Donc l'utilisation peut être >1 :

Si $u \neq 1$:

$$WIP(M / M / 1 / b) = \frac{u}{1-u} - \frac{(b+1)u^{b+1}}{1-u^{b+1}}$$

$$TH(M / M / 1 / b) = \frac{1-u^b}{1-u^{b+1}} r_a$$

$$CT(M / M / 1 / b) = \frac{WIP(M / M / 1 / b)}{TH(M / M / 1 / b)}$$

where $u = t_e(2) / t_e(1)$

Si $u=1$:

$$WIP(M / M / 1 / b) = \frac{b}{2}$$

$$TH(M / M / 1 / b) = \frac{b}{b+1} r_a = \frac{b}{b+1} r_e$$

$$CT(M / M / 1 / b) = \frac{WIP(M / M / 1 / b)}{TH(M / M / 1 / b)}$$

where $u = t_e(2) / t_e(1)$

✓ *La file d'attente M/M/1/b avec perte de débit(4)*

Le taux d'arrivée n'est pas égal au taux de sortie.

Le débit d'entrée est égal au taux de sortie (débit) plus le taux de refoulement (taux auquel les arrivées sont rejetées).

$$TH(M / M / 1 / b) = \frac{1 - u^b}{1 - u^{b+1}} r_a < u r_e \quad \text{for } u \neq 1$$

$$TH(M / M / 1 / b) = \frac{b}{b+1} r_a < r_e \quad \text{for } u = 1$$

2.83.7. Mise en commun de la variabilité

Une façon de réduire la congestion est de réduire la variabilité en s'attaquant à ses causes. Mais une autre façon, plus subtile, de traiter les effets de congestion est en combinant plusieurs sources de variabilité. Ceci est connu comme mise en commun de la variabilité, et il a un certain nombre d'applications de fabrication.

La planification financière est un exemple courant de l'utilisation de la mise en commun de la variabilité.

La mise en commun de la variabilité joue un rôle important dans un certain nombre de situations de fabrication.

- Traitement par lots

t_0 = time to process single part

σ_0 = standard deviation of time to process single part

$c_0 = \frac{\sigma_0}{t_0}$ = CV of time to process single part

$t_0(\text{batch}) = nt_0$

$\sigma_0^2(\text{batch}) = n\sigma_0^2$

$$c_0^2(\text{batch}) = \frac{\sigma_0^2(\text{batch})}{t_0^2(\text{batch})} = \frac{n\sigma_0^2}{n^2t_0^2} = \frac{\sigma_0^2}{nt_0^2} = \frac{c_0^2}{n} \Rightarrow c_0(\text{batch}) = \frac{c_0}{\sqrt{n}}$$

n : Nombre de pieces dans un lot

Nous pouvons conclure que les temps de traitement des lots sont moins variables que les temps de pièces individuelles (à condition que tous les temps de processus soient indépendants avec une distribution identiques).

- Regroupement des stocks de sécurité

La clé est de détenir un inventaire générique, afin qu'il puisse être utilisé pour satisfaire la demande de plusieurs sources. Cela exploite la propriété de mise en commun de la variabilité pour réduire considérablement le stock de sécurité requis.

- le partage de la file d'attente

Dans une usine, le partage de file d'attente peut être utilisé pour réduire le risque d'accumulation de WIP devant une machine qui connaît un long temps de traitement.

La file d'attente combiné protège les jobs contre les pannes prolongés.

Il est peu probable que toutes les machines soient en panne simultanément, si les machines sont alimentées par une file d'attente partagée, les travaux peuvent éviter une machine défaillante en allant vers les autres machines. Cela peut être un moyen puissant d'atténuer la variabilité des processus avec des machines partagées.

si les files d'attente séparées sont en réalité des types des jobs différents.

2.9. *L'influence corruptrice de la variabilité*

| Mauvaise variabilité | Bonne variabilité |
|---|--|
| Les Pannes Problèmes de qualité Variante d'opérateur Conception inadéquate | Variété de produits Changement technologique Variabilité de la demande |

Tableau 2: types de variabilité

2.9.1. Performances et variabilité

Mesures de la performance de fabrication

Une entreprise manufacturière a un principe fondamental relativement simple l'objectif c'est gagner de l'argent mais un large éventail de mesures de performance potentielles, telles que le débit, l'inventaire, service client et qualité.

L'importance relative des mesures de performance dépend également du système spécifique et sa stratégie commerciale.

Il n'est pas possible de définir un ensemble unique de mesures de performance pour tous les systèmes de fabrication.

On peut caractériser plus précisément chacune de ces mesures en termes de valeur d'efficacité

Pour chaque efficacité $\nearrow 1$ une performance parfaite

$\searrow 0$ pire performance possible

Pour se faire, nous utilisons les éléments suivants :

$r_e(i)$: Taux effectif de la station i , y compris les temps d'arrêt, les configurations, et l'efficacité de l'opérateur (pièces/jour)

$r^*(i)$: Taux idéal de station i hors détracteurs (pièces/jour)

r_b : Taux de goulot d'étranglement de la ligne y compris les détracteurs (pièces/jour)

r_b^* : Taux de goulot d'étranglement de la ligne sans détracteurs (pièces/jour)

T_0 : Temps de traitement brut, y compris les détracteurs (jours)

T_0^* : Temps de traitement brut hors détracteurs (jours)

W_0 : $r_b T_0$ WIP critique, y compris les détracteurs (pièces)

W_0^* : $r_b^* t_0^*$ WIP critique n'incluant pas les détracteurs (pièces)

D = Taux de demande moyen (pièces/jour)

WIP = Niveau moyen des en cours en ligne (pièces)

FGI = Niveau moyen des stocks de produits finis (pièces)

RMI = Niveau moyen des stocks de matières premières (pièces)

CT = Temps de cycle moyen entre la sortie et le point de stockage, qui est soit produits finis ou un tampon (jours)

LT = Délai de livraison moyen proposé au client ; dans les systèmes où le délai est fixe, LT est constant ; où les délais sont indiqués individuellement pour clients, cela représente une moyenne (jours)

TH = Débit moyen donné par le débit de sortie de la ligne (pièces/jour)

TH(i) = Débit moyen (débit de sortie) à la station i, qui pourrait inclure

plusieurs visites par certaines parties en raison de considérations de routage ou de reprise (parties/jour)

En utilisant les paramètres ci-dessus, nous pouvons définir sept efficacités qui mesurent la performance d'une seule ligne de produits.

➤ **Le débit**

Est défini comme le taux de pièces produites par la ligne qui est utilisée.

Idéalement, cela devrait correspondre exactement à la demande. L'efficacité du débit nous permet de savoir si la production est suffisante pour satisfaire la demande.

$$E_{TH} = \min(TH, D) / D$$

➤ **L'utilisation**

Pour une ligne avec n stations, nous définissons l'efficacité d'utilisation comme

$$E_u = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{TH(i)}{r^*(i)}$$

➤ **L'inventaire**

Comprend RMI, FGI et WIP. Une ligne parfaite n'aurait pas de brut inventaire des matériaux (les fournisseurs livreraient littéralement juste à temps), pas de produit fini

Inventaire des marchandises (les livraisons aux clients seraient également effectuées juste à temps), et seulement le WIP minimum nécessaire pour le débit donné

$$E_{inv} = \sum_i \frac{TH(i)}{r} \times \frac{1}{RMI + WIP + FGI}$$

➤ **Le temps de cycle**

Est important à la fois pour les coûts et les revenus. Un temps de cycle plus court signifie moins de WIP, une meilleure qualité, une meilleure prévision et moins de rebut, tout cela réduit les coûts.

Il signifie aussi une meilleure réactivité, ce qui améliore le chiffre d'affaires.

Nous définissons l'efficacité du temps de cycle comme:

le rapport du meilleur temps de cycle possible (temps de traitement brut sans détracteurs) à temps de cycle réel :

$$E_{CT} = T^*_0 / CT$$

➤ **Le délai de livraison**

Est le temps indiqué au client, qui doit être le plus court possible pour des raisons de concurrence. En effet, dans les systèmes de fabrication sur stock, le délai est nul, ce qui est clairement le plus court possible. Cependant, zéro n'est pas un objectif raisonnable pour un système de fabrication sur commande. Par conséquent, nous définissons l'efficacité

$$E(lt) = \frac{t0^*}{\max(lt, t0^*)}$$

➤ **Le service client**

E_s = fraction de la demande satisfaite à partir du stock dans le système de fabrication sur stock ou fraction de commandes exécutées dans les délais dans le système de fabrication à la commande.

➤ **Qualité**

L'aspect essentiel de la qualité est capturé par la fraction des pièces qui sont faites correctement la première fois à travers la ligne. Tout rebut ou reprise diminue cette valeur.

EQ = fraction des jobs qui passent par la ligne sans défauts au premier passage

2.9.2. *Lois de variabilité :*

L'effet de la variabilité sur la performance :

La variabilité peut affecter les livraisons des fournisseurs ,les temps de processus de fabrication, ou la demande des clients.

L'augmentation de la variabilité dégrade toujours les performances d'un Système de production.

La réduction de la variabilité est essentiel à l'amélioration des performances, quels que soient les poids spécifiques qu'une entreprise attache au mesures de performances individuelles.

En effet, une grande partie du succès des méthodes JIT a étéconséquence de la reconnaissance du pouvoir de la réduction de la variabilité et du développement de méthodes pour y parvenir (par exemple, lissage de la production, réduction des réglages, gestion de la qualité totale, et maintenance préventive totale).

la variabilité croissante impacte le système selon trois dimensions générales : l'inventaire, la capacité et le temps.

2.9.2.1. *Loi du stockage* (Variability Buffering)

La variabilité dans un système de production sera tamponnée par une certaine combinaison de

- Inventaire
- Capacité
- le temps

2.9.2.2. *Lois de débit*

- Flux de produits :Loi (conservation du matériel)

dans un système stable, sur le long terme, le taux de sortie d'un système sera égal au taux d'entrée, moins toute perte de rendement, plus toute production de pièces dans le système.

- Capacité

La loi de conservation de la matière implique que la capacité d'une ligne doit être au moins aussi grande que le taux d'arrivée au système. Sinon, les niveaux de WIP continueraient de croître et ne se stabilise jamais.

2.9.2.3. *Loi (Capacité)*

En régime permanent, toutes les usine libéreront du travail à un taux moyen qui est strictement inférieure à la capacité moyenne.

Cette loi a des implications profondes. Puisqu'il est impossible d'atteindre 100 % l'utilisation des ressources , la véritable décision de gestion concerne la question de savoir si les mesures tels que la capacité excédentaire, les heures supplémentaires ou la sous-traitance feront partie d'une stratégie planifiée ou sera utilisé en réponse à des conditions qui deviennent incontrôlables.

2.9.2.4. *Loi (Utilisation)*

Si une station augmente l'utilisation sans faire d'autres changements, le WIP moyen et le temps de cycle augmenteront de manière hautement non linéaire.

L'extrême sensibilité des performances du système à l'utilisation rend très difficile de choisir un taux de libération qui permet d'atteindre à la fois une efficacité élevée de la station et des temps de cycle courts.

2.9.2.5. *Lois sur les lots*

une variabilité maximale peut se produire lors du déplacement de produits dans de grands lots même lorsque les temps de traitement sont constants.

Parce que le traitement par lots peut avoir un effet important sur la variabilité et, par conséquent, les performances, la définition des tailles de lots dans un processus de fabrication système est un contrôle très important.

▪ **Types de lots**

il existe deux types de lots différents : les lots de traitement et les lots de transfère

- le lot de traitement :

Il existe deux types de lots de traitement

La taille du lot en série est le nombre de jobs d'une famille commune traités avant que le poste ne soit changé pour une autre famille. Nous appelons ces lots en série parce que les pièces sont produites en série (un à la fois) sur le poste de travail.

La taille de lot parallèle est le nombre de pièces produites simultanément dans une station qui travaille en lot, tel qu'une opération de four ou de traitement thermique.

La taille d'un lot de traitement en série est liée à la durée d'un changement. Plus le montage est long, plus il faut produire de pièces entre les montages pour atteindre une capacité donnée. La taille d'un lot de traitement parallèle dépend de la demande placée sur la station. Pour minimiser l'utilisation, ces machines devraient être exécutées avec un lot complet.

2.9.2.6. Loi (transfer Batching)

les temps de cycle sur un segment d'un routage sont approximativement proportionnel aux tailles de lots de transfert utilisées sur ce segment, à condition qu'il n'y ait pas en attente du dispositif de transport.

- ✓ Compromis de base pour le traitement par lots : WIP par rapport à la fréquence de déplacement
- ✓ La file d'attente pour le dispositif de transport peut compenser la réduction de CT due à la réduction de la taille du lot de déplacement

Déplacer les lots en relation étroite avec les décisions de manutention et de disposition.

2.9.3. Fabrication cellulaire

Une cellule positionne au plus près tous les postes de travail nécessaires à la fabrication d'une famille de pièces proximité physique.

Étant donné que la manutention des matériaux est minimisée, il est possible de déplacer des pièces entre les stations en petits lots, idéalement en lots d'un. Si la cellule traite vraiment une seule famille de pièces, il n'y a donc pas de configuration, le lot de processus peut être un, infini, ou n'importe quel nombre entre les deux (essentiellement contrôlé par la demande).

2.9.3.1. Temps de cycle

Définition (Station Cycle Time) : Le temps de cycle moyen d'une station est composé des composants suivants :

Temps de cycle = temps de déplacement + temps de file d'attente + temps de configuration + temps de traitement + temps d'attente du lot + temps d'attente dans le lot + temps d'assemblage

.

2.9.3.2. Les opérations d'assemblage

Loi (Opérations d'assemblage) : Les performances d'un poste d'assemblage sont dégradées en augmentant l'une des valeurs suivantes :

1. Nombre de composants à assembler.
2. Variabilité des arrivées de composants.
3. Manque de coordination entre les arrivées de composants.

- ✓ La loi des opérations d'assemblage est une instance spécifique de la loi plus générale de la variabilité. Le raisonnement et les implications de cette loi sont assez intuitives.
- ✓ Nombre de composants affectés par la conception du produit/processus.
- ✓ Variabilité d'arrivée affectée par la variabilité du processus et le contrôle de la production.
- ✓ Coordination affectée par la planification et le contrôle de l'atelier

2.10. Conclusion

Factory Physics est « une description systématique du comportement des systèmes de fabrication. La comprendre permet aux gestionnaires et aux ingénieurs de travailler avec les tendances naturelles des systèmes de fabrication pour :

Identifier les opportunités d'amélioration des systèmes existants

Concevoir de nouveaux systèmes efficace ,Faire les compromis nécessaires pour coordonner les politiques de domaine.

Il décrit une nouvelle approche de la gestion de la fabrication basée sur les lois de la science de la physique des usines. Le cadre fondamental de la physique des usines stipule que les composants essentiels de tous les flux de valeur ou processus de production ou processus de service sont la demande et la transformation qui sont décrites par des éléments structurels de flux et de stocks. Il existe des relations mathématiques pratiques très spécifiques qui permettent de décrire et de contrôler la performance des flux et des stocks. Le livre indique qu'en présence de variabilité, il n'y a que trois tampons disponibles pour synchroniser la demande et la transformation avec le coût le plus bas et le niveau de service le plus élevé :
Capacité, Inventaire, Temps de réponse.

Chap 03 : Production plastique

3.1. Introduction

Le terme ‘‘plastique’’ provient du mot grec "plastikos", qui signifie prêt à être moulé. Il fait référence à la malléabilité du matériau, sa plasticité durant sa fabrication, qui permet qu'il soit moulé, pressé, extrudé pour prendre les formes les plus diverses .

L'utilisation des produits à base de plastiques rend nos vies plus propres, plus faciles, plus sûres et plus agréables. Nous retrouvons des plastiques dans les emballages , les constructions, l utilisation médical , les vêtements et les smartphones,

Les plastiques sont des matières organiques. Les matières premières sont des produits naturels comme la cellulose, le charbon, le gaz naturel, le sel et, bien entendu, le pétrole brut. Les plastiques sont devenus le matériau moderne par excellence parce qu'ils assurent le compromis entre les besoins d'aujourd'hui et les préoccupations environnementales.

3.2. Origine du plastique

Le naphta l ingrédient de base du plastique est un liquide obtenu par le raffinage du pétrole qui se condense entre 40 et 180 °C.

le naphta doit passé par une opération de craquage avant d'être utilisé par les plasturgistes

Le craquage c'est un refroidissement brutal de 800 a 400 °C.

les grosses molécules d'hydrocarbures qui constituent le naphta se décompose en molécules plus facilement exploitables.

Les monomères résultant après craquage contiennent entre 2 et 7 atomes de carbone chacun. Grâce à des réactions d'addition ou de condensation ils se lient entre eux pour former des polymères.

Après le raffinage, les polymères peuvent être sous différentes formes (granulés, liquides ou de poudres). L'obtention des différents matériaux plastiques que nous connaissons sont obtenus en ajoutant d'adjuvants et d'additifs. Ils sont mis en forme à la fin par moulage, extrusion, injection ou encore par thermoformage.

3.3. Le recyclage des déchets plastiques

Après usage et collecte, les déchets plastiques doivent passer par des usines de traitement pour y être prélavés et triés. Ils passent ensuite par un acheminement de processus broyage, lavage, rinçage, essorage, séchage, tamisage et à la fin la régénération en granules.

3.4. Production plastique en algérie

Algérie est le deuxième importateur de technologies de la plasturgie sur le continent africain, après l'Afrique du Sud. Les importations de matières premières plastiques ont augmenté de 13% par an entre 2007 et 2015. En valeur, les importations algériennes de matière plastique sous forme primaire ont augmenté de 1,17 milliard de dollars en 2012 à 1,90 milliard de dollars en 2016, soit une hausse de près de 3%. La consommation per capita du plastique en Algérie a augmenté d'environ 9% par an au cours des dix dernières années, passant de 10,0 kg en 2007 à 23,1 kg en 2017, et est estimée à 25,8 kg en 2020. Environ 59,1% de la consommation est représentée par l'emballage, 20% par la construction et le reste par diverses industries. Dans la transformation des matières plastiques, l'extrusion est en tête avec 41,1%, suivie du PET soufflage et du moulage par injection avec 20,7% et 19,0% chacun. L'Algérie est, également, le plus grand importateur de technologies de l'emballage sur le continent africain, dont les importations ont évolué de 149 millions d'euros en 2012, à 229 millions d'euros en 2016.^[1]

L'Algérie perd 23 milliards Da/an par manque de recyclage car il n'existe encore aucune stratégie sérieuse de collecte et de recyclage. Pourtant, la récupération des déchets en Algérie est une importante opportunité à saisir, car elle est nouvelle, utile pour la communauté, et surtout génératrice d'emplois et d'argent.

il n'existe que 247 micro-entreprises qui opèrent dans la récupération des déchets et qui valorisent à peine que 5 ou 6 % de ce potentiel dont une partie est exportée. (5)

3.5. L'utilisation du plastique

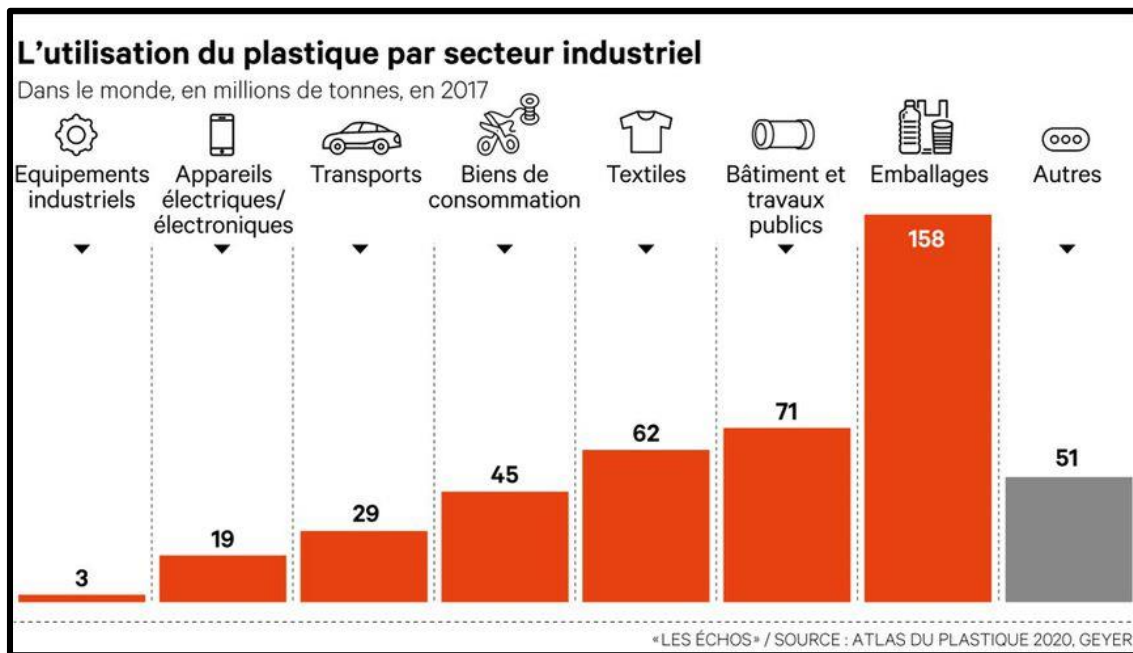


Figure 4 : l'utilisation du plastique par le secteur industriel dans le monde en millions tonnes en 2017

Les plastiques sont des matériaux extrêmement polyvalents.

Grace a leurs pouvoir d'être développés avec pratiquement toutes les combinaisons de propriétés pour pouvoir servir pour toute application.

Certains sont transparents, donc on peut l'utilisé en matière optique Facilement moulables dans des formes complexes, il est facile d'y intégrer d'autres matériaux, ce qui les rend aptes à toute une série de fonctions.

l'équilibre des propriétés physique du plastique peut être modifié si les propriétés donné ne répondaient pas aux exigences spécifiées, pour répondre aux demandes d'une application spécifique en ajoutant un rembourrage de renforcement, des couleurs, des agents moussants, des agents ignifuges, des plastifiants, etc.,

En raison de ces propriétés très attractives, les plastiques sont de plus en plus utilisés dans les domaines suivants:

Emballage

la combinaison de polyvalence du plastique (du film aux applications rigides) qui a fait le succès commercial des plastiques dans l'emballage Leur solidité , leur légèreté, leur stabilité, leurs propriétés de barrière et leur facilité de stérilisation. Ces caractéristiques font des plastiques des matériaux d'emballage idéaux pour toutes sortes de produits commerciaux, industriels, médicaux , etc.

En prenant l'exemple des emballages plastique pour les produits alimentaires,

L emballages plastique n'altèrent pas le goût ou la qualité des aliments. Grace a ses propriétés de barrière des plastiques , l'aliment reste frais plus longtemps et conserve son goût naturel en garantissant une protection de la contamination extérieure.

Soin et santé

de nombreux produits médicaux sont faits a base de plastique ,Sans l'utilisation de plastique les soins de santé modernes seraient impossibles

Les plastiques sont partout, depuis les gants utilisés pour l'examinations jusqu'aux seringues stériles et aux pansements, en passant par les sacs de sang pour les intraveineuses, les tubes en intraveineuse ou les valvules cardiaques.

Les emballages plastique sont particulièrement appropriés aux applications médicales. ils assurent une protection contre la contamination grâce à leurs propriétés de barrière exceptionnelle.

Les innovations dans les plastiques comme l'imprimante 3D. rendent de nouvelles procédures possibles.

Il suffit de penser à un cœur de plastique, ou à des parties du corps, taillées sur mesure en fonction des besoins du patient et les imprimées

Construction

les plastiques ont un caractère durable ce qui fait qu'il est idéal pour des applications comme les châssis de fenêtre et les tuyaux. En plus ses propriétés anticorrosion lui offrent une durée de vie impressionnante pouvant atteindre plus de 100 ans pour le plastique et 50 ans pour les câbles souterrains et extérieurs.

Tout en assurant une isolation efficace contre le froid et la chaleur, la prévention des fuites d'énergie ce qui permet d'économiser l'énergie tout en réduisant la pollution sonore.

Il offre aussi une solution moins coûteuse pour la production et l'installation des composants plastiques que pour les matériaux traditionnels même dans des formes sur mesure.

Les tubes de plastique constituent la solution idéale pour un transport sûr et hygiénique de l'eau. Les plastiques sont aussi le choix idéal pour un entretien hygiénique des surfaces et des sols en raison de la facilité de nettoyage et de l'imperméabilisation.

Les plastiques sont faciles à installer, à faire fonctionner et à entretenir grâce à leur légèreté. En fait, l'entretien peut souvent être omis. En outre, la flexibilité des plastiques signifie que les tuyaux de plastique peuvent s'accommoder des mouvements du sol.

ÉLECTRONIQUE

es plastiques de la nouvelle génération offrent des avantages pour un bon nombre des derniers articles en date du secteur électrique et électronique

Des simples câbles aux smartphones ou aux appareils électroménagers complexes,. Ces plastiques contribuent à faire avancer l'innovation grâce à leur polyvalence et à leurs caractéristiques uniques, qui comprennent les éléments suivants : Légèreté , Résistance électrique et mécanique, Sécurité contre l'incendie.

AGRICULTURE

L'utilisation grandissante des plastiques dans l'agriculture a permis aux fermiers d'augmenter la production, d'améliorer la qualité des aliments et de réduire leur empreinte écologique. Non seulement les plastiques permettent que fruits et légumes puissent pousser en toute saison,

mais en général ils donnent des produits de meilleure qualité que ceux qui ont poussé en plein air.

SPORTS ET LOISIRS

Depuis quelques années, les plastiques ont véritablement révolutionné le sport. Depuis les pistes sur lesquelles les athlètes olympiques se lancent à la poursuite de nouveaux records, jusqu'aux chaussures, aux vêtements et aux équipements de sécurité qu'ils portent, sans oublier les stades dans lesquelles ils se produisent, les sports modernes font appel aux plastiques. En plus de présenter les caractéristiques de performance exigées par les athlètes modernes, les plastiques offrent également des avantages en termes de développement durable (6)

3.6. La production plastique

3.6.1. Moulage par injection

- Définition

Le moulage par injection est une méthode adaptée aux productions de grande ou très grande séries. Elle permet la duplication de nombreux objets identiques et de grande qualité, grâce à la réutilisation du moule.

En produisant des produits finis nécessitent peu ou pas d'usinage ultérieur.

Cette méthode est un peu couteuse car elle nécessite la conception d'un moule en acier, qui permettra la duplication de nombreuses pièces de série. Donc elle n'est pas conseillée pour les conceptions de petites séries.

- Les grandes étapes du moulage par injection (7)

Le moule est composé de deux parties, une partie fixe et une partie mobile. La conception du moule doit permettre une éjection facile des pièces.

Installer le moule sur une machine spécifique : la presse à injection. Les deux parties du moules sont pressées fortement l'une contre l'autre. Le matériau (sous forme de granulés) est versé dans une vis de plastification (ou vis sans fin) qui est chauffée. La rotation de la vis alliée à la température va ramollir les granulés, qui se transforment en matière plastique fondue. La matière fondue et déformable est stockée à l'avant de la vis, avant l'injection.

Injecter sous haute pression les matières plastiques ramollies sous l'effet de la chaleur dans le moule. Dans cette phase, il faut s'assurer que le moule soit complètement rempli avant que le matériau ne se solidifie. Voilà pourquoi on continue à envoyer de la matière sous-pression, afin de pallier au retrait qui s'exerce lorsque la matière refroidit.

Refroidir le tout, par le biais de circuits de refroidissement à l'intérieur du moule. Suite à cette opération l'objet est

Ejecté du moule.

Ejecter la pièce.

Recommencer avec la prochaine pièce.

- les machines d'injection plastique

Il existe différents types de machines d'injection plastique

Machines motorisées actionnées par servomoteurs

machines actionnées par moteurs hydrauliques

machines hybrides actionnées par la combinaison d'un servomoteur et d'un moteur hydraulique

Une machine d'injection plastique se compose principalement d'une unité d'injection qui transfère le matériau fondu au moule et d'une unité de fermeture, qui actionne le moule. Ces dernières années, les machines d'injection plastique se sont dotées de la commande numérique par ordinateur qui assurent une injection haute vitesse sous commande programmée⁽⁸⁾

- Structure de base d'une machine d'injection plastique

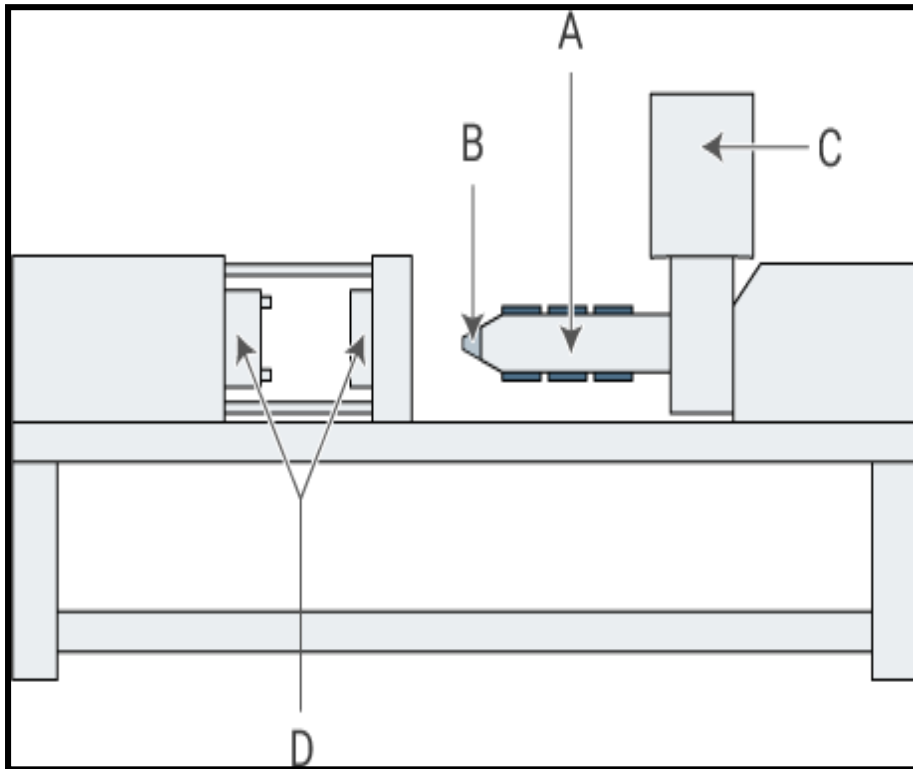


Figure 5 : Structure de base d'une machine d'injection plastique

- A Cylindre (chauffe le matériau)
- B Buse (injecte le matériau fondu)
- C Trémie (alimente en matériau)
- D Moule (le matériau est versé dans la cavité du moule entre deux plaques)



Figure 6 : machine d'injection plastique

3.6.2. *Moulage par soufflage*

Le moulage par soufflage est un procédé qui utilise la pression d'air pour étendre la matière plastique dans la cavité du moule. Le soufflage nous permet d'avoir des pièces creuses en matière plastique à parois minces, tels que bouteilles et récipient.

Le procédé est réalisé en deux étapes :

d'abord la fabrication du préforme qui est un tube est fabriqué à partir du plastique fondu, ensuite l'injection de l'air sous pression dans le tube pour obtenir la forme souhaitée.

- Différent type de soufflage

Extrusion-soufflage

Extrusion de la paraison

- Les étapes de soufflage

- la fabrication du préforme

La matière plastique est introduite sous forme de granulés dans une trémie. Pour être chauffés et ensuite ramollis dans une vis d'extrusion.

la matière est poussé par le vérin d'extrusion jusqu'à la tête contenant la filière d'extrusion.

Ce qui nous forme la paraison : c'est la matière extrudée après avoir la forme d'un tube d'une longueur définie, autour duquel est positionné le moule ouvert.

- Fermeture du moule

On referme les deux parties du moule autour de cette paraison. la fermeture doit être hermétique, la matière est collée à chacun des 2 bouts.

Enfin le corps creux formé est prêt à accueillir l'aiguille de soufflage.

- Soufflage de la paraison

Insuffler de l'air pour plaquer la matière contre les parois du moule. Ce moule est ensuite refroidi afin de figer la matière, tout en la maintenant sous pression.

➤ Dégonflage et ouverture

Après le refroidissement de la pièce ,on relâche la pression au niveau de l'aiguille ,Le moule s'ouvre pour libérer la pièce

➤ Finition

à l'aide d'un outil coupant on retire le reste de la paraison , Ces déchets de démoulage sont récupérés et réintroduits dans le cycle de production.

La pièce peut également subir d'autres opérations de finition :

Découpe

Ébavurage

Perçage

Assemblages de plusieurs parties

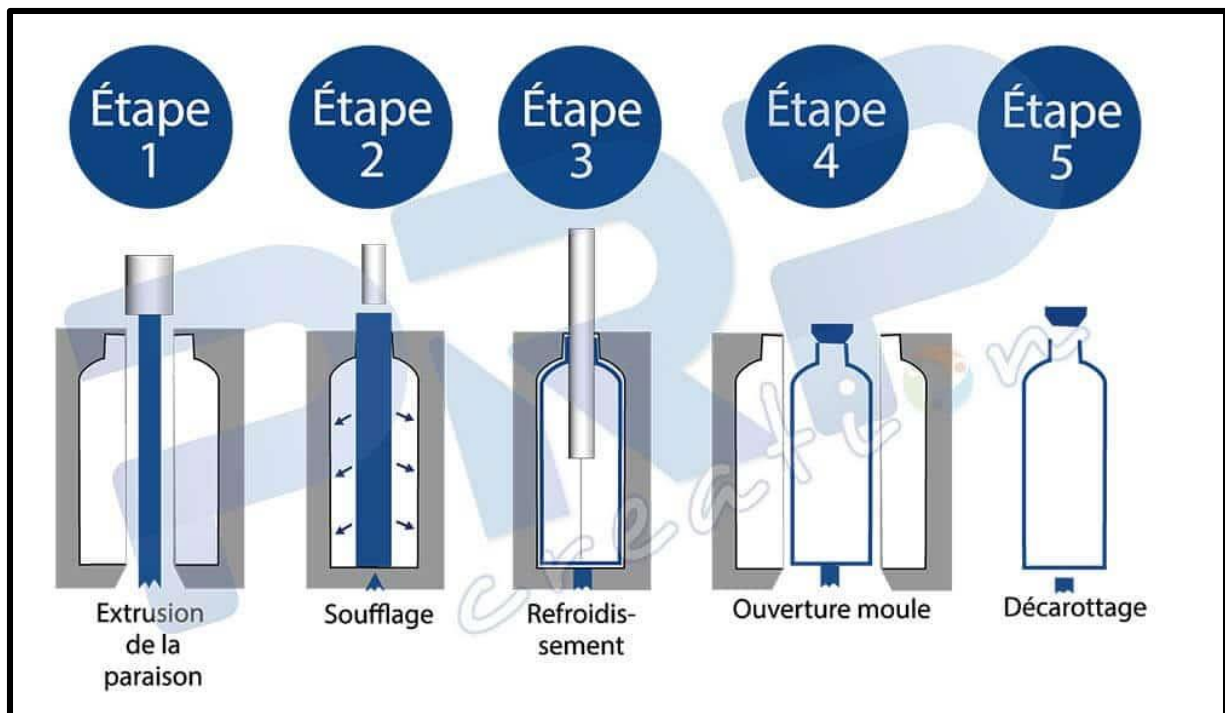


Figure 7 : les étapes de soufflage

3.6.3. Injection-soufflage

L'injection soufflage comme l'extrusion soufflage c'est un procédé de fabrication des corps creux, la différence c'est que la paraison est formé par injection au lieu d'extrusion. Ce procédé est utilisé pour le flaconnage ce processus assure plus de précision. Il est limité aux produits symétriques, sans poignées et de dimension assez faible donc moins polyvalent que l'extrusion soufflage.

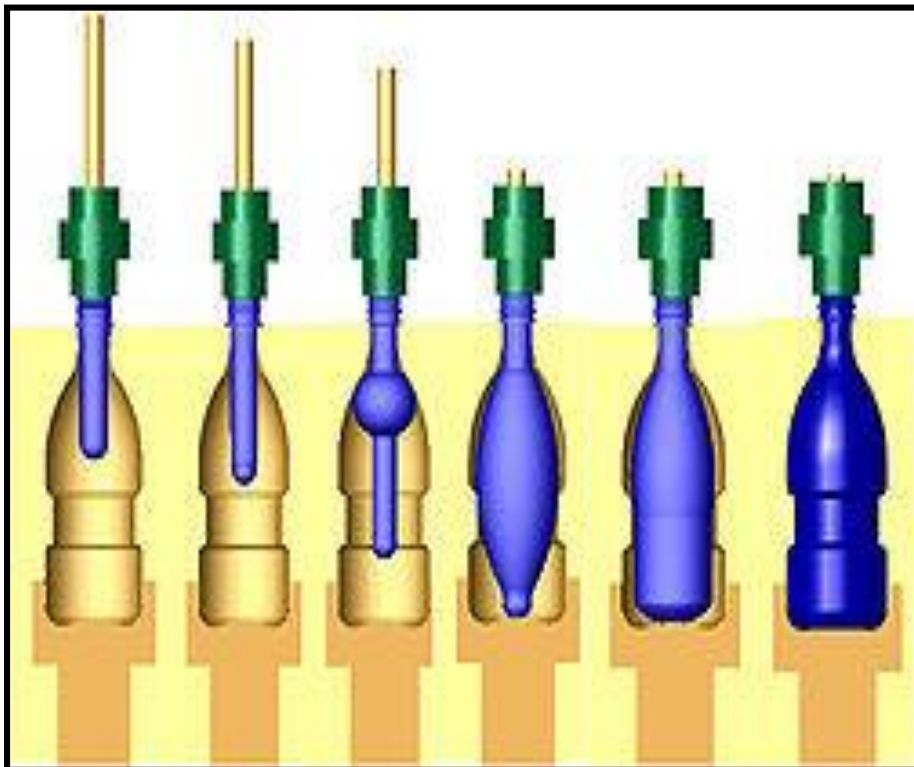


Figure 8 :les étapes d' Injection-soufflage

3.6.4. Thermoformage

Le thermoformage est une technologie de transformation qui convient particulièrement bien aux petites et moyennes séries ou pièces de grande dimension. Les coûts d'outillage nécessaires au thermoformage sont particulièrement économiques au regard des autres technologies de transformation des matières plastiques (moulage à injection et autres méthodes). Le thermoformage favorise ainsi des prix pièces compétitifs.

▪ PROCESSUS DE THERMOFORMAGE

Il comprend les phases suivantes :

- Extrusion de la plaque
- Pose de la plaque sur le moule
- Chauffage : soumettre à la chaleur une feuille de plastique afin de la rendre malléable.
- Moulage : Une fois la feuille ramollie, elle peut facilement prendre la forme du moule auquel elle sera soumise. les moules ont deux parties: mâles (convexes) et femelles (concaves) peuvent être drapés pour obtenir les pièces.
- Refroidissement : il est important de prendre le temps de laisser la pièce se refroidir suffisamment pour s'assurer de la retirer du moule sans déformation,
- Découpe / finition

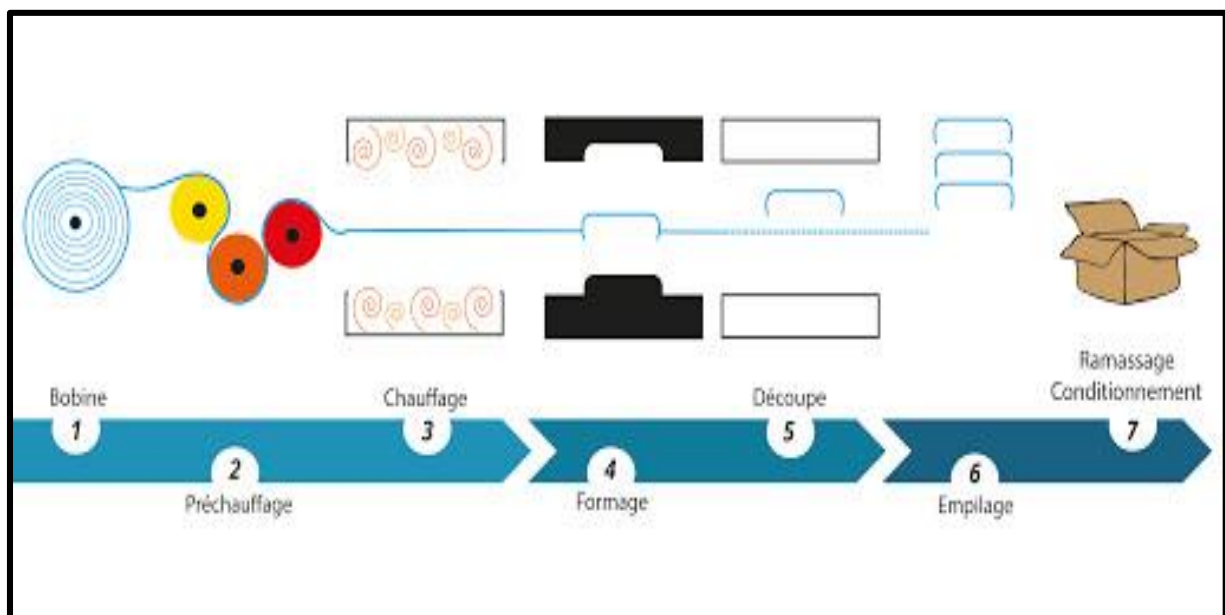


Figure 9 :les étapes de thermoformage

3.7. Qu'est-ce que l'IML?

La technologie IML (in-mold labeling) c'est un procédé d'étiquetage par injection. une étiquette en polypropylène (PP) est placée dans un moule qui a la forme du produit fini

Résultat : l'étiquette et l'emballage se fusionne

La qualité d'impression des étiquettes IML permet d'obtenir un haut niveau de définition/résolution.

Le IML peut être réalisé avec tout les processus de production de plastique

Moulage par injection

Moulage par soufflage

Thermoformage

▪ AVANTAGES

Étiquettes recyclables

Résistant et hygiénique

Réduction des délais de fabrication et des coûts de production
Pendant le processus IML, fabrication et décoration en une seule étape.

Résistance au lave-vaisselle, à la chaleur et aux égratignures

Flexibilité des changements (logos, ingrédients, information nutritive, etc)

Couleurs : jusqu'à 8 couleurs sur la même étiquette

Possibilité de recouvrement complet des surfaces

3.8. Le polypropylène (ou polypropène) (PP)

Le polypropylène fait partie de la famille des thermoplastiques, ils sont réutilisables se ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit.

Le polypropylène peut être recyclé plusieurs fois avant d'atteindre sa fin de vie en plus il a l'avantage de ne dégager de substances toxiques en le brûlant il dégage seulement du dioxyde de carbone et de la vapeur.

Cette aptitude à pouvoir être recyclé aide à économiser le pétrole utilisé puisque une tonne de plastique recyclé équivaut à 830 litres de pétrole

Donc ça a un impact non négligeable pour l'environnement

le polypropylène est utilisé dans de nombreux secteurs industriels pour ses qualités de résistance aux agressions chimiques, au choc et à la chaleur jusqu'à 100°C. C'est utilisée principalement dans les emballages alimentaires, les pièces techniques pour l'automobile, la vaisselle pour four micro-ondes, les tapis, les moquettes, les cordes et la ficelle.

3.9. Conclusion

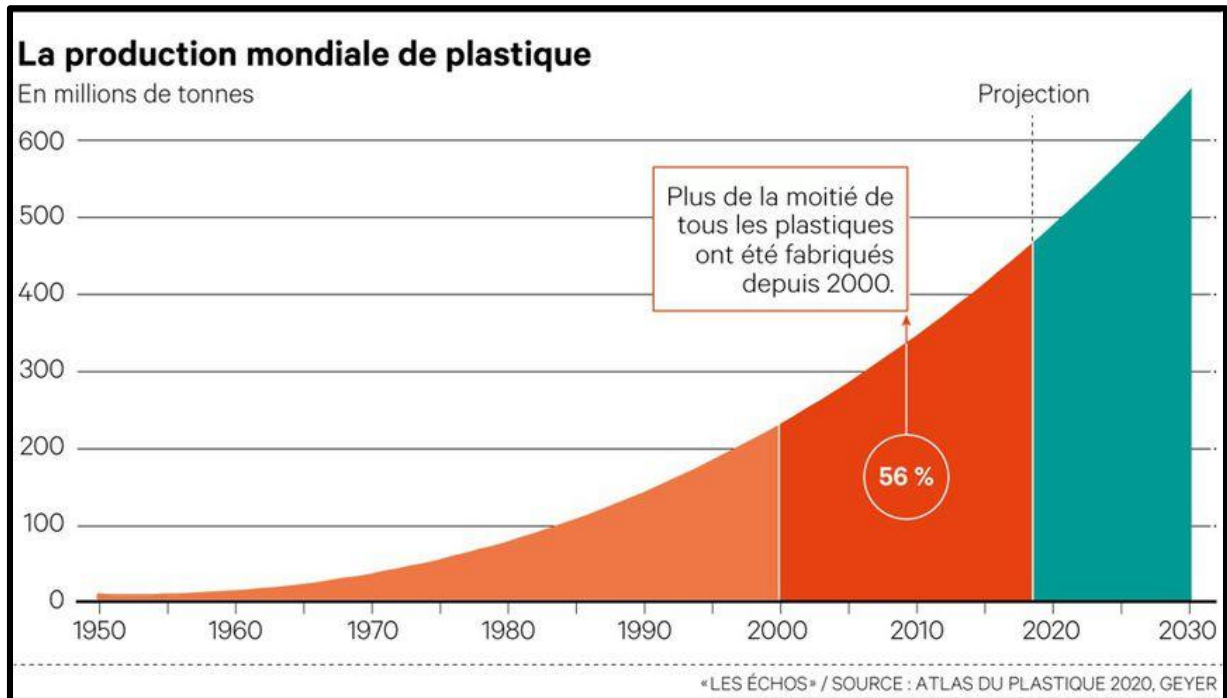


Figure 10 : L'évolution de la quantité de plastique produite mondialement en millions de tonnes

La production de matières plastiques dans le monde poursuit sa croissance, mais à un rythme moins soutenu, tandis que la part de l'Europe continuait de diminuer.

En 2019, l'Asie représentait plus de la moitié de la production mondiale, la Chine produisant à elle seule près du tiers de celle-ci. Avec le démarrage des nouvelles unités de polymères sur gaz de schiste aux États-Unis, la production nord-américaine (19% de la production mondiale) dépasse quant à elle l'Europe (16% de la production mondiale avec 58 millions de tonnes en 2019). Un chiffre en décroissance : ainsi, en 2006, l'Europe représentait encore un quart de la production mondiale, rappelle PlasticsEurope. Entre 2018 et 2019, sa production a reculé d'environ 6%.

Enfin, l'impact de la pandémie a pesé sur la demande en plastiques et donc leur production, qui a enregistré un repli de 18% au 2^e trimestre. En France, sur les six premiers mois, la production a baissé de 15% (contre -11,5% en Europe sur cette période), notamment en raison du quasi-arrêt du secteur automobile au mois d'avril. (9)

3.10. Présentation de l'entreprise

3.10.1. Introduction

Dans ce mémoire , l'étude de cas se fait pour l'entreprise SALAH PLAST spécialisée dans la fabrication d'emballages en plastique destinés aux professionnels et ce dans divers secteurs Le contexte de l'entreprise sera brièvement discuté, il couvre le profil de l'entreprise, sa structure organisationnelle, sa disposition actuelle ainsi que son processus de fabrication et ses politiques.

La portée sera limitée à l'étude des temps et des causes d'arrêts et leurs influences sur les quantités produites et le rendement de l'entreprise.

Nous allons dans un premier temps, identifier les données collectées de l'entreprises pour pouvoir calculer les indicateurs du performances de système.

3.10.2. Présentation de l'organisme d'accueil



SALAH PLAST, est une entreprise algérienne spécialisée dans la fabrication d'emballages en plastique L'entreprise a été créé en 2014, s'étalant sur un site de 150m², elle est implantée à ORAN, avec une estimation de capacité de production de 400000produit/jour.

Activité de l'entreprise

L'activité principale de SALAH PLAST est la fabrication d'emballages en plastique destinés aux professionnels et ce dans divers secteurs (Agro-alimentaires, chimie, pétro – chimie).

Sa mission est de satisfaire sa clientèle très exigeante en matière d'emballage.

La démarche marketing et commerciale est focalisé autour de la demande client, c'est-à-dire la satisfaction et la fidélisation de la clientèle en recherchant l'excellence de la qualité des produits.

3.10.3. Les produits










| Seaux | | Fabriqués à base de polypropylène (transparents ou colorés) de format circulaire et carré permettent de conditionner et transporter vos produits (alimentaires ou chimiques) en toute sécurité. | | | |
|--------------------------|---|---|---|--|---|
| |  |  |  |  | |
| Code /volume | SPS 2L | SPS 2.5L | SPS 3L | SPS 4,4L | |
| Forme | Rond Conique | Rond Conique | Rond Conique | Carré | |
| Type de fermeture | Superflit | Superflit | Superflit | Superflit | |
| Dimensions | Øsupérieur 185,7 mm | Øsupérieur 185,7 mm | Øsupérieur 185,7 mm | Lxl 187x164 mm | |
| | | | | | |
| |  |  |  |  |  |
| SPS 5L | SPS 8L M1 | SPS 8L M2 | SPS 10L | SPS 20L | |
| Rond Conique | Rond Conique | Rond Conique | Rond Conique | Rond Conique | |
| Superflit | Superflit | Superflit | Superflit | Superflit | |
| Øsupérieur 237 mm | Øsupérieur 269 mm | Øsupérieur 257,04 mm | Øsupérieur 269 mm | Øsupérieur 329 mm | |

Figure 11:les différents seaux proposé par l'entreprise








| Pots | | Fabriqués à base de polypropylène (transparents ou colorés) de format circulaire avec fermeture superflit et superflex. | | | | | | |
|-------------------|--|---|---|---|---|--|---|---|
| | |  |  |  |  |  |  |  |
| Code /volume | | SPP 140 mL | SPP 220 mL | SPP 390 mL | SPP 350 mL | SPP 600 mL | SPP 380 mL | SPP 850 mL |
| Forme | | Rond - Carré | Rond - Carré | Rond - Carré | Rond Conique | Rond Conique | Rond Conique | Rond Conique |
| Type de fermeture | | Superflex | Superflex | Superflex | Superflex | Superflex | Superflit | Superflit |
| Dimensions | | Øsupérieur 95 mm | Øsupérieur 95 mm | Øsupérieur 95 mm | Øsupérieur 117 mm | Øsupérieur 117 mm | Øsupérieur 85,33 mm | Øsupérieur 116,5 mm |

Figure 12:les différents pots proposé par l'entreprise




| Barquettes | | Fabriquées à base de polypropylène (transparentes ou colorées) de format rectangulaire et ovale avec fermeture superflit et superflex. | | |
|-------------------|--|--|--|---|
| | |  |  |  |
| Code /volume | | SPB 200 mL | SPB 300 mL | SPB 350 mL |
| Forme | | Ovale | Ovale | Rectangulaire |
| Type de fermeture | | Superflex | Superflex | Superflit |
| Dimensions | | L x l 128,9 x 85,7 mm | L x l 128,9 x 85,7 mm | L x l 139,56 x 99,6 mm |

Figure 13:les différents barquettes proposé par l'entreprise




| Jerricans | | La gamme des jerricans est produite avec la technique du soufflage PEHD. | | | |
|------------------|--|---|---|--|---|
| | |  |  |  |  |
| Code /volume | | SPJ 5L M1 | SPJ 5L M2 | SPJS 10L | SPJS 20L |
| Forme | | Standard | Standard | Standard | Standard |
| Dimensions | | LxHxl 219,98x 299 x 137 mm | LxHxl 189x285x130 mm | LxHxl 230 x 310 x 170 mm | LxHxl 320 x 360 x 200 mm |

Figure 14:les différents jerricans proposé par l'entreprise

Les seaux en plastique permettent de conditionner et de transporter divers produits alimentaires, pharmaceutiques et chimiques.

Pôts Fabriqués à base de polypropylène (transparents ou colorés) de format circulaire avec fermeture superflit et superflex.

Jerricans La gamme jerrican s'étend du 5 au 25 litres (simple et empilable), ça permet de conditionner tous les produits liquides en toute sécurité : eau, antigel, savon, produits chimiques.

Exemple des produits les plus connus



pots nounours



Jerricans total



pots optilla



barquette medina

3.10.4. Fiche technique BARQUETTE 350ml

BARQUETTE 350ml

DIMENSIONS

Format : Rectangulaire

Capacité : 350ml

Diamètre supérieure avec couvercle : 143.6mm

Diamètre supérieure sans couvercle : 139.43mm

Diamètre inférieur (la base) : 121.3mm

Hauteur sans couvercle : 42.8mm



Hauteur avec couvercle : 48.38mm

Epaisseur :0.47

PERFORMANCE

Remplissage à chaud : Notre matière est caractérisée par une très bonne résistance à la chaleur (jusqu'à 90 °C) et une fois nos emballages soumises à des températures hautes ils deviennent plus souples ; pour ce leur stockage immédiat doit se faire avec le soin qui s'impose.

Stockage à froid : nos emballage résistent à des températures très basses (jusqu'à -20°C) grâce à la résine standard.

Tableau 3:Fiche technique BARQUETTE 350ml

Fiche technique SEAU 2L

DIMENSIONS

Format : Cylindre conique

Volume :2000ml

Diamètre supérieure avec couvercle :197.2 mm

Diamètre supérieure sans couvercle :183.41mm

Diamètre inférieur :172.95 mm

Hauteur sans couvercle :100.60 mm

Hauteur avec couvercle :105.09 mm

Épaisseur des parois : 0.70mm



FERMETURE ET PROTECTION

Type de fermeture :SUPERFLIT

Languette d'inviolabilité : Oui

Jupe de protection :Oui

Option de modèle de couvercle :Standard

Diamètre : 196.39mm

Épaisseur des parois : 0.81mm

ANSE

Anse montée :Oui

MATIERE PREMIERE

Matière : Polypropylène COPO/RANDOM

Couleurs : Oui

Alimentarité : Oui

POIDS

Corps : 72 gr \pm 5%

Couvercle :28gr \pm 5%

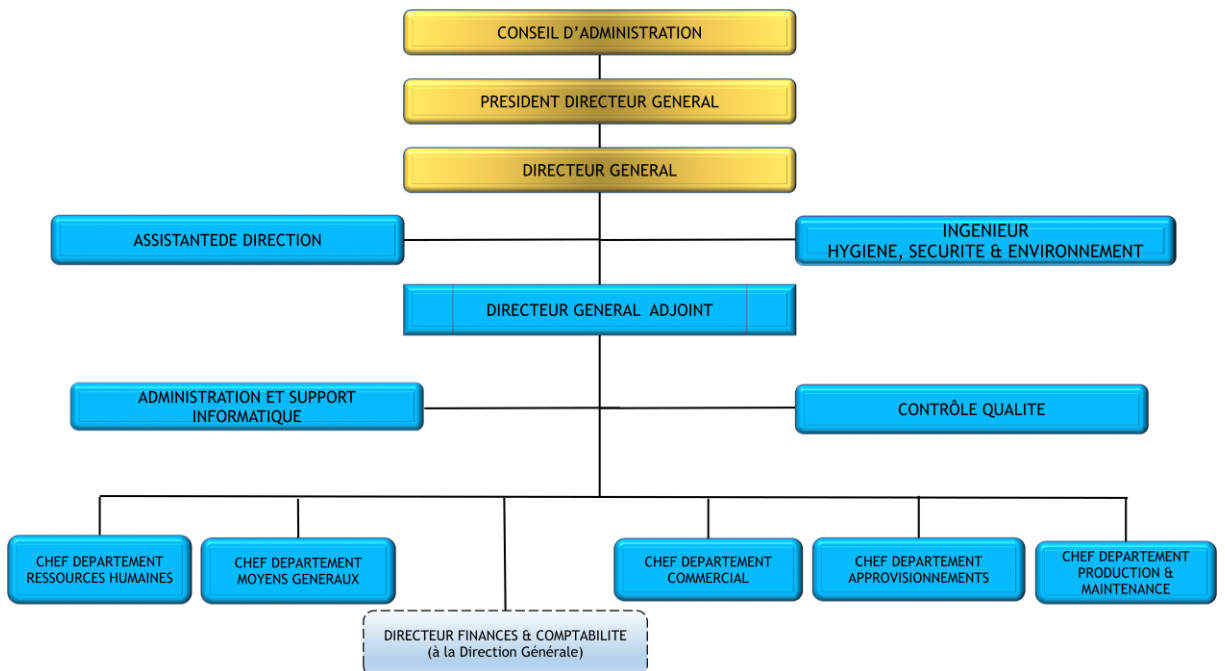
CONDITIONNEMENT

Unité : Palette


Nombre des corps par pile par sac : 50 Pcs Nombre des couvercles par pile : 200 Pcs

Tableau 4:Fiche technique SEAU 2L

3.10.5. Organigramme



3.10.6. Fiche technique de l'entreprise

| | |
|------------------|---|
| Raison social | Entreprise de production |
| Forme juridique | SPA |
| Nom de la marque | Salah plast |
| Logo |  |

| | |
|--------------------|--|
| Date de création | 2014 |
| Pays d'origine | Algerie |
| Secteur d'activité | Emballage plastique |
| Effectifs | 150 personnes |
| Capital social | 227millions 300 |
| Siege | Zi N 01 , section 03 , ilot N12 local N01 es senia, oran 31000 |
| Site web | groupesalah.com |

Tableau 5:Fiche technique de l'entreprise

- **Les machines utilisées dans La productions :**

Injection : 23 machines

Soufflage :6 machines

3.10.7. Analyse swot

Analyse SWOT

| | Strengths – Forces | Weaknesses - Faiblesses |
|----------------|---|---|
| Faits internes | Produit, qualité, prix, Type de clientèle Image, notoriété, emplacement Communication, marketing Organisation, partenariats Gestion, trésorerie Santé financière, capacité d'endettement Qualité, compétence de la direction | Distribution, force commerciale Communication, marketing |

| | | |
|----------------|--|--|
| | <p>Fait partie d'un groupe</p> <p>Moyens humains, compétences</p> <p>Mixité des équipes (âges, sexe, compétences, ...)</p> <p>Maîtrise technique, savoir-faire</p> <p>Niveau d'équipement, outillage</p> | <p>Formation</p> <p>Indépendance (énergie, transport, partenaires, ...)</p> <p>Maîtrise technique, savoir-faire (homme clé ?, ...)</p> <p>Niveau d'équipement, outillage</p> |
| | | |
| | Opportunities – Opportunités | Theats - Menaces |
| Faits externes | <p>tendance du marché de l'offre</p> <p>Concurrence directe et indirecte</p> <p>tendance du marché de la demande</p> <p>Demandes spécifiques</p> <p>Partenaires : fournisseurs, intermédiaires,</p> <p>Environnement légal, réglementaire et fiscal</p> <p>Innovations, évolutions technologiques</p> <p>Environnement local, économique, réseau</p> | <p>Evolutions globales (géopolitique, environnement, ...)</p> <p>Environnement local, économique, réseau</p> |

Tableau 6:analyse SWOT de l'entreprise

3.10.8. Conclusion

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

Nous avons aussi remarqué que pour qu'une organisation industrielle puisse satisfaire les besoins de ses clients, d'autres indicateurs importants s'imposent qui sont l'Inventaire et le Temps de réponse afin d'assurer le niveau de service requis.

Chap 4. Analyse des performances d'une chaîne de production

4.1. Introduction

Tous les entrepreneurs, dirigeants de TPE ou créateurs d'entreprise, gardent en tête de suivre, de maintenir ou d'améliorer les performances de leur entreprise: chiffre d'affaires, état des stocks, carnet de commandes, panier moyen, nouveaux marchés, nouveaux produits, ... Pour mesurer efficacement la performance de son entreprise, l'entrepreneur doit mettre en place des indicateurs.

MESURER POUR DÉCIDER :

Les indicateurs de performance, aussi appelé KPI (Key Performance Indicator), d'une entreprise sont à la fois un outil de mesure de la santé de l'entreprise et un outil d'aide à la décision.

Ils touchent tous les domaines d'activité de l'entreprise :

- Ils permettent de connaître l'efficacité de la production
- Ils permettent de mesurer les retours sur investissement (ROI)
- Ils éclairent sur la qualité de la relation commerciale, du service client
- Ils mesurent l'image de marque et la perception de l'entreprise
- Ils fournissent des informations sur la qualité des services
- Ils permettent de mettre en lumière le temps passé à corriger les erreurs, les mauvaises anticipations.

4.2. Récolte des données

On a collecté les données de production d'un mois (novembre 2019), on a le résumé des temps d'arrêt, leurs causes et le pourcentage de cette arrêts par rapport au taux d'arrêt total et par rapport au rendement global.

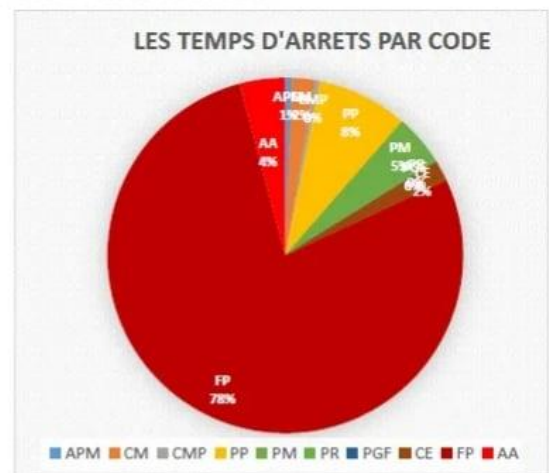


RAPPORT DE PRODUCTION SP1 MOIS NOVEMBRE 2019

2. TAUX D'ARRÊT EN MINUTE DU MOIS DE NOVEMBRE SP1

44.8% TAUX D'ARRÊT DE PRODUCTION SP1

| DESCRIPTION | CODE | TEMP D'ARRÊT | % |
|-----------------------|------|---------------|---------------|
| ARRÊT PREVENTIF MOULE | APM | 1530 | 0,6% |
| CHANGEMENT DE MOULE | CM | 5240 | 2,1% |
| CHANGEMENT DE MATIERE | CMP | 1160 | 0,5% |
| PROBLÈME PRESSE | PP | 20800 | 8,3% |
| PROBLÈME MOULE | PM | 11440 | 4,5% |
| PROBLÈME ROBOT | PR | 450 | 0,2% |
| PROBLÈME GROUPE FROID | PGF | 60 | 0,0% |
| COUPURE D'ELECTRICITE | CE | 4775 | 1,9% |
| PAS DE COMMANDE | FP | 195970 | 77,8% |
| AUTRE ARRÊT | AA | 10400 | 4,1% |
| TOTAL | | 251825 | 100,0% |



Nous avons enregistré un taux d'arrêt très élevé **78%**, ce dernier est dû au manque des commandes.

Figure 15 :les temps d'arrêts par code

Récapitulatif du rendement de la production et les arrêts

| RENDEMENT GLOBALE | TRG | 309775 | 55,1% |
|-----------------------|-----|--------|-------|
| ARRÊT PREVENTIF MOULE | APM | 1530 | 0,3% |
| CHANGEMENT DE MOULE | CM | 5240 | 0,9% |
| CHANGEMENT DE MATIERE | CMP | 1160 | 0,2% |
| PROBLÈME PRESSE | PP | 20800 | 3,7% |
| PROBLÈME MOULE | PM | 11440 | 2,0% |
| PROBLÈME ROBOT | PR | 450 | 0,1% |
| PROBLÈME GROUPE FROID | PGF | 60 | 0,0% |
| COUPURE D'ELECTRICITE | CE | 4775 | 0,9% |
| PAS DE COMMANDE | FP | 195970 | 34,9% |
| AUTRE ARRÊT | AA | 10400 | 1,9% |

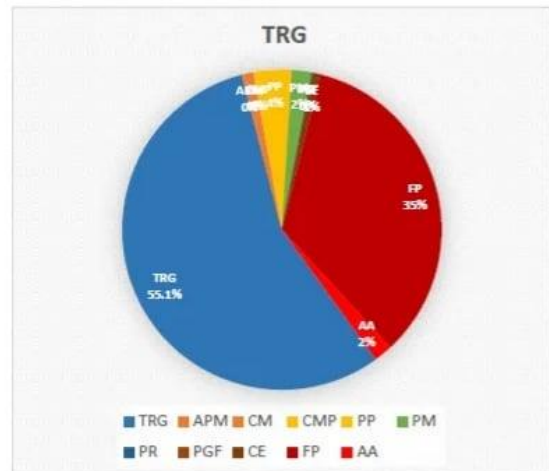


Figure 16 :récapitulatif du rendement de la production et les arrêts

4.3. Encours Critiques (Critical WIP- W_0)

C'est le niveau de WIP pour lequel une ligne avec des valeurs données de r_b et T_0 atteint un débit maximal(r_b) avec un temps de cycle minimal (T_0)

$$w_0 = T_0 \times r_b$$

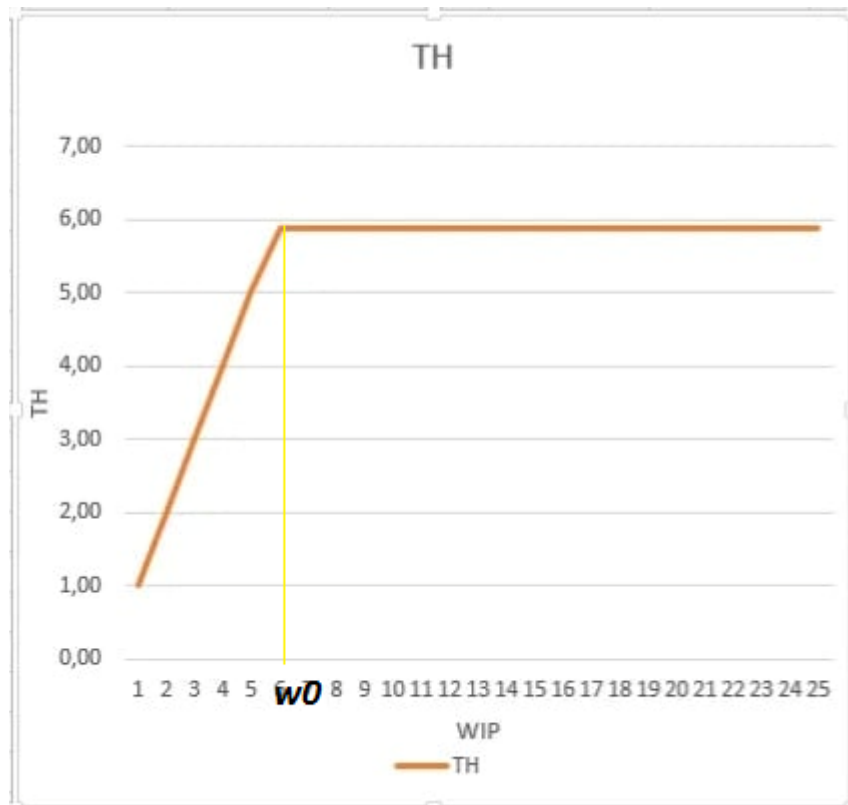


Figure 17:présentation du débit en fonction des encours

Donc d'après le graph on a : $WIP_0=6$ pièces

zéro stock n'est pas un objectif réaliste même dans des conditions déterministes parfaites aucun inventaire produit un débit nul et donc un revenu nul .

Un WIP plus réaliste est le WIP w_0 critique .

| W | TC | TH |
|----|------|------|
| 1 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 1,00 | 2,00 |
| 3 | 1,00 | 3,00 |
| 4 | 1,00 | 4,00 |
| 5 | 1,00 | 5,00 |
| 6 | 1,02 | 5,88 |
| 7 | 1,19 | 5,88 |
| 8 | 1,36 | 5,88 |
| 9 | 1,53 | 5,88 |
| 10 | 1,70 | 5,88 |
| 11 | 1,87 | 5,88 |
| 12 | 2,04 | 5,88 |
| 13 | 2,21 | 5,88 |
| 14 | 2,38 | 5,88 |
| 15 | 2,55 | 5,88 |
| 16 | 2,72 | 5,88 |
| 17 | 2,89 | 5,88 |
| 18 | 3,06 | 5,88 |
| 19 | 3,23 | 5,88 |
| 20 | 3,40 | 5,88 |
| 21 | 3,57 | 5,88 |

Tableau 7 : wip critique

Et donc $T_0=1.02\text{min}$ $R_b=5.88$ pièces/min

4.4. Calcul des performances

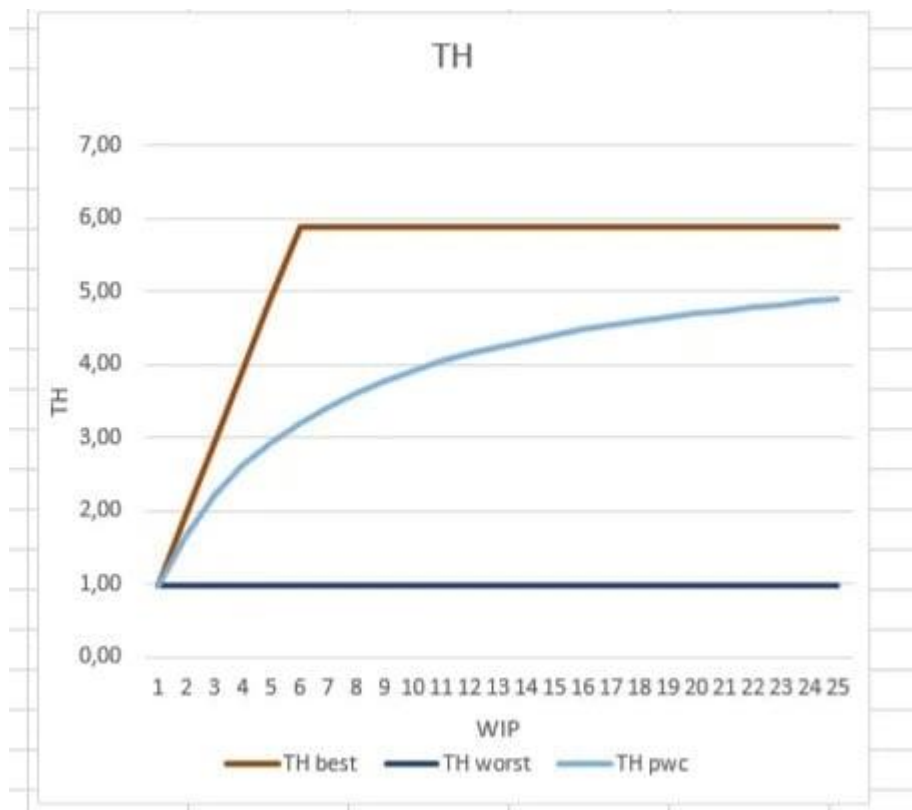


Figure 18 : TH best, worst , pwc en fonction du wip

Le graphe présente :

Le débit au meilleur cas : Le débit maximal pour un niveau de WIP donné.

Pire cas : C'est le cas avec un temps de cycle maximal et un débit minimal pour une ligne .

Pire cas pratique : c'est le cas de maximum aléatoire , qui implique le hasard.

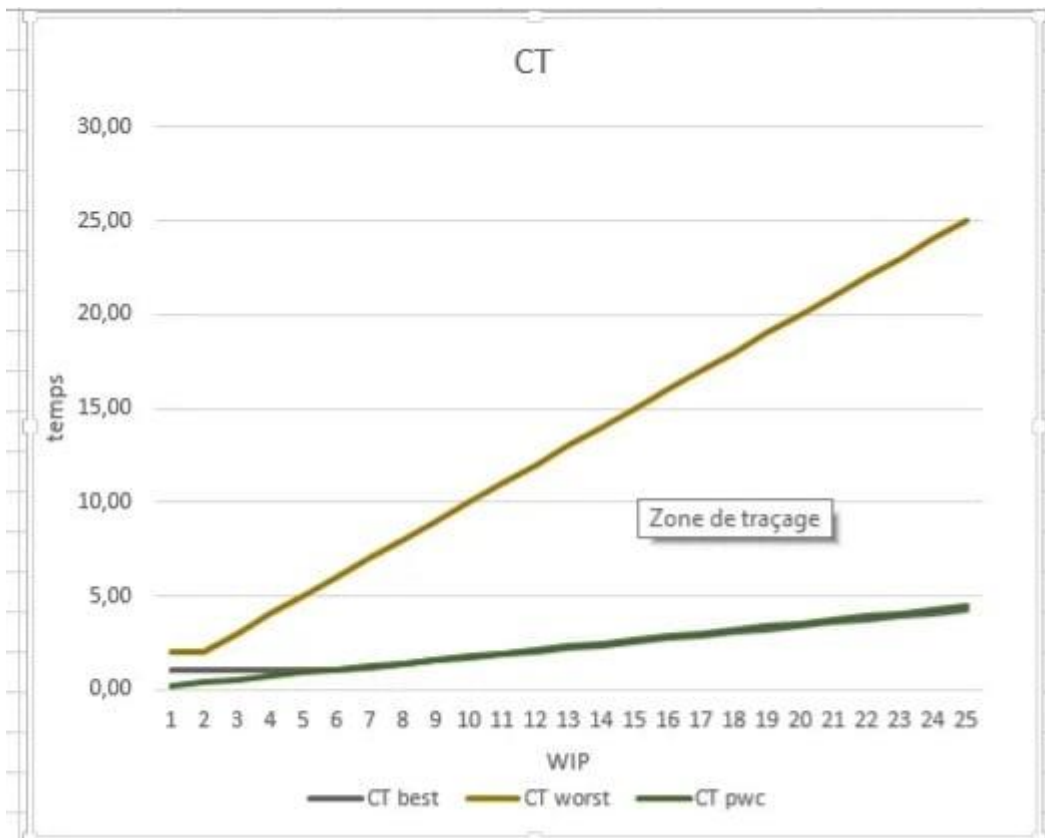


Figure 19:CT best , worst , pwc

Le graphe présente le temps de cycle

Au meilleur cas :temps de cycle minimal

Pire cas : temps de cycle maximal

et Pire cas pratique : le cas de maximum aléatoire

4.5. Variabilité naturelle

C'est la variabilité inhérente au temps de processus naturel, qui exclut les temps d'arrêt aléatoires, les configurations ou toute autre influence externe.

T_0 et σ_0 la moyenne et l'écart type, respectivement, de temps de traitement.

Nous pouvons exprimer le coefficient de variation du temps de processus naturel $C_0 = \sigma_0 / t_0$, elle tient compte de la variabilité des sources qui n'ont pas été explicitement cités (beaucoup de ces non identifiés des sources de variabilité sont liées à l'opérateur)

On dira qu'une variable aléatoire a

- Une faible variabilité (LV) si son CV est inférieur à 0,7.
- Une variabilité modérée (MV) si son CV est entre 0,75 et 1,33.
- Une forte variabilité (RV) si le CV est supérieur à 1.33.

| jour | temps d'arrêt(min) | cause d'arrêt |
|------|-----------------------|---|
| 1 | 100 | coupure electricité |
| 2 | 20 | arrêt préventif moule |
| 3 | 10 | opérateur |
| 4 | 20 | arrêt préventif moule |
| 5 | 5 | opérateur |
| 6 | 30 | arrêt préventif moule |
| 7 | 120 | coupure electricité |
| 8 | 20 | arrêt préventif moule |
| 9 | 100 | PRESENCE DES TACHE NOIR AU NIVEAU DU COUVERCLE |
| 10 | 140 | coupure electricité |
| 11 | 20 | arrêt préventif moule |
| 12 | 60 | probleme moul |
| 13 | 100 | changement de MP |
| 14 | 40 | coupure electricité |
| 15 | 7 | opérateur |
| 16 | 70 | arrêt préventif moule |
| 17 | 13 | opérateur |
| 18 | 120 | probleme presse |
| 19 | 35 | coupure electricité |
| 20 | 20 | opérateur |
| 21 | 80 | coupure electricité |
| 22 | 0 | |
| 23 | 100 | coupure electricité |
| 24 | 0 | |
| 25 | 0 | |
| 26 | 12 | opérateur |

| | | |
|----|----|-----------------------|
| 27 | 20 | arrêt préventif moule |
| 28 | 6 | opérateur |
| 29 | 0 | |
| 30 | 5 | opérateur |

Tableau 8: temps d'arrêts causé par l'opérateur

| jour | Temps d'ouverture | arrêt causé par opérateur | T0 | (T0-T0moy)^2 |
|------|-------------------|---------------------------|------|--------------|
| 1 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 2 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 3 | 1440 | 10 | 1430 | 54,76 |
| 4 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 5 | 1440 | 5 | 1435 | 5,76 |
| 6 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 7 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 8 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 9 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 10 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 11 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 12 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 13 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 14 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 15 | 1440 | 7 | 1433 | 19,36 |
| 16 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 17 | 1440 | 13 | 1427 | 108,16 |
| 18 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 19 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 20 | 1440 | 20 | 1420 | 302,76 |
| 21 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 22 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 23 | 1440 | | 1440 | 6,76 |

| | | | | |
|----|------|----|------|-------|
| 24 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 25 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 26 | 1440 | 12 | 1428 | 88,36 |
| 27 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 28 | 1440 | 6 | 1434 | 11,56 |
| 29 | 1440 | | 1440 | 6,76 |
| 30 | 1440 | 5 | 1435 | 5,76 |

Tableau 9: calcul de variabilité naturelle

| | |
|--------------------------|--------|
| T₀ moy | 1437,4 |
|--------------------------|--------|

| | |
|---|-------|
| $\sum(T_0 - T_0 \text{ moy})^2$ | 745,2 |
|---|-------|

| $\hat{\sigma}^2$ | $\hat{\sigma}$ | cv_0 |
|------------------|----------------|------------|
| 24,84 | 4,98397432 | 0,00346735 |

Notre $CV_0 = 0.003 < 0.75$

Donc on a une faible variabilité.

4.6. Variabilité par rapport aux pannes préemptive

Nous appelons les pannes des pannes préemptive, car elles se produisent si nous le voulons ou non.

Exemple : Pannes de courant, opérateurs appelé en cas d'urgence ou manque de consommables

| jour | temsp d'arret(min) | cause d'arret |
|------|--------------------|---------------------|
| 1 | 100 | coupure electricité |

| | | |
|----|-----|---|
| 2 | 20 | arret préventif moule |
| 3 | 10 | opérateur |
| 4 | 20 | arret préventif moule |
| 5 | 5 | opérateur |
| 6 | 30 | arret préventif moule |
| 7 | 120 | coupure electricité |
| 8 | 20 | arret préventif moule |
| 9 | 100 | PRESENCE DES TACHE NOIR AU NIVEAU DU COUVERCLE |
| 10 | 140 | coupure electricité |
| 11 | 20 | arret préventif moule |
| 12 | 60 | probleme moul |
| 13 | 100 | changement de MP |
| 14 | 40 | coupure electricité |
| 15 | 7 | opérateur |
| 16 | 70 | arret préventif moule |
| 17 | 13 | opérateur |
| 18 | 120 | probleme presse |
| 19 | 35 | coupure electricité |
| 20 | 20 | opérateur |
| 21 | 80 | coupure electricité |
| 22 | 0 | |
| 23 | 100 | coupure electricité |
| 24 | 0 | |
| 25 | 0 | |
| 26 | 12 | opérateur |
| 27 | 20 | arret préventif moule |
| 28 | 6 | opérateur |
| 29 | 0 | |
| 30 | 5 | opérateur |

Tableau 10:les arrêts causé par des pannes préemptive

Calcul de disponibilité

$$A = \frac{\text{mean time to failure}}{\text{mean time to failure} + \text{mean time to repair}}$$

| Temps | | | |
|-------|-------------|------|------|
| jour | d'ouverture | MTTR | MTTF |
| 1 | 1440 | 100 | 1340 |
| 2 | 1440 | | 1440 |
| 3 | 1440 | 10 | 1430 |
| 4 | 1440 | | 1440 |
| 5 | 1440 | 5 | 1435 |
| 6 | 1440 | 30 | 1410 |
| 7 | 1440 | 120 | 1320 |
| 8 | 1440 | | 1440 |
| 9 | 1440 | 100 | 1340 |
| 10 | 1440 | | 1440 |
| 11 | 1440 | | 1440 |
| 12 | 1440 | | 1440 |
| 13 | 1440 | 100 | 1340 |
| 14 | 1440 | 40 | 1400 |
| 15 | 1440 | 7 | 1433 |
| 16 | 1440 | | 1440 |
| 17 | 1440 | 13 | 1427 |
| 18 | 1440 | | 1440 |
| 19 | 1440 | 35 | 1405 |
| 20 | 1440 | 20 | 1420 |
| 21 | 1440 | 80 | 1360 |
| 22 | 1440 | | 1440 |
| 23 | 1440 | 100 | 1340 |
| 24 | 1440 | | 1440 |
| 25 | 1440 | | 1440 |
| 26 | 1440 | 12 | 1428 |
| 27 | 1440 | | 1440 |
| 28 | 1440 | 6 | 1434 |

| | | | |
|----|------|---|------|
| 29 | 1440 | | 1440 |
| 30 | 1440 | 5 | 1435 |

Tableau 11: calcul du disponibilité

$$A = \frac{42417}{42417 + 783} = 0,981875$$

Donc la machine est disponible 98% du temps

- Temps de processus effectif

$$te = \frac{t_0}{A} = \frac{1437,4}{0,98} = 1466.73 \text{ min}$$

- Capacité effective = $A \times r_0 = 0.98 \times 8784 = 8608.32$ pieces/jours

- Calcul de c_r

c_r = coefficient de variabilité du temps de réparation $c_r = (\sigma_r / m_r)$

σ_r : la variabilité du temps de réparation

m_r : temps moyen de réparation

| jour | m_r | $(m_r - m_r \text{ moy})^2$ |
|------|-------|-----------------------------|
| 1 | 100 | 2909,65052 |
| 2 | | 0 |
| 3 | 10 | 100 |
| 4 | | 0 |
| 5 | 5 | 25 |
| 6 | 30 | 900 |
| 7 | 120 | 14400 |
| 8 | | 0 |

| | | |
|---------------|----------------------|-------|
| 9 | 100 | 10000 |
| 10 | | 0 |
| 11 | | 0 |
| 12 | | 0 |
| 13 | 100 | 10000 |
| 14 | 40 | 1600 |
| 15 | 7 | 49 |
| 16 | | 0 |
| 17 | 13 | 169 |
| 18 | | 0 |
| 19 | 35 | 1225 |
| 20 | 20 | 400 |
| 21 | 80 | 6400 |
| 22 | | 0 |
| 23 | 100 | 10000 |
| 24 | | 0 |
| 25 | | 0 |
| 26 | 12 | 144 |
| 27 | | 0 |
| 28 | 6 | 36 |
| 29 | | 0 |
| 30 | 5 | 25 |
| Mr moy | $\sum(mr-mr\ moy)^2$ | |
| 46,0588235 | 65473 | |

Tableau 12: calcul de variabilité de réparation

| $\hat{\sigma}^2$ | $\hat{\sigma}$ | Cr |
|------------------|----------------|------------|
| 1946,08835 | 44,1144914 | 0,95778589 |

Cr=0.95

Donc on a une variabilité modérée son CV est entre 0,75 et 1,33.

- Calcul de coefficient de variabilité effectif :

$$\sigma_e^2 = \left(\frac{\sigma}{A}\right)^2 + \frac{t0 \times (mr^2 + \sigma r^2) \times (1-A)}{A \times mr}$$

$$\sigma e^2 = \left(\frac{4,98}{0,98}\right)^2 + \frac{1946.08 + 46.05^2 \times (1 - 0.98)}{0.98 \times 46.05} = 69.88$$

$$c_e^2 = \frac{\sigma e^2}{t e^2} = c_0^2 + (1 + c r^2) \times A \times (1 - A) \times \frac{m r}{t_0}$$

$$c_e^2 = \frac{69.88^2}{1466.73^2} = 2.26 * 10^{-3} \quad c_e = 0.047$$

Donc c_e a une faible variabilité car il est inférieur à 0,75

4.7. Variabilité par rapport aux pannes non préemptives

Les pannes préemptives représentent des temps d'arrêt qui se produiront inévitablement mais pour lesquels nous avons un certain contrôle quant au moment exact comme : Temps de changement , maintenance préventive, les pauses, les réunions d'opérateurs et les changements de quart.

| jour | temps d'arrêt(min) | cause d'arrêt |
|------|--------------------|---|
| 1 | 100 | coupure electricité |
| 2 | 20 | arret préventif moule |
| 3 | 10 | operateur |
| 4 | 20 | arret préventif moule |
| 5 | 5 | operateur |
| 6 | 30 | arret préventif moule |
| 7 | 120 | coupure electricité |
| 8 | 20 | arret préventif moule |
| 9 | 100 | PRESENCE DES TACHE NOIR AU NIVEAU DU COUVERCLE |
| 10 | 140 | coupure electricité |
| 11 | 20 | arret préventif moule |
| 12 | 60 | probleme moule |

| | | |
|----|-----|-----------------------|
| 13 | 100 | changement de MP |
| 14 | 40 | coupure electricité |
| 15 | 7 | opérateur |
| 16 | 70 | arrêt préventif moule |
| 17 | 13 | opérateur |
| 18 | 120 | problème presse |
| 19 | 35 | coupure electricité |
| 20 | 0 | |
| 21 | 80 | coupure electricité |
| 22 | 0 | |
| 23 | 100 | coupure electricité |
| 24 | 0 | |
| 25 | 0 | |
| 26 | 12 | opérateur |
| 27 | 20 | arrêt préventif moule |
| 28 | 0 | |
| 29 | 0 | |
| 30 | 5 | opérateur |

Tableau 13: les arrêts causés par des pannes non préemptives

N_s = Nombre moyens de jobs entre changements

t_s = Temps de changements moyens

σ_s = Ecart type sur les temps de changement

$$c_s = \frac{\sigma_s}{t_s}$$

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{N_s}$$

$$\sigma_e^2 = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N_s} + \frac{N_s - 1}{N_s^2} t_s^2$$

$$c_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{t_e^2}$$

| changement | | | | moy TS | NS |
|------------|---------------------|-----|-------|--------|-----|
| jour | changement de moule | MP | total | | |
| 1 | | 20 | 20 | 158 | 929 |
| 2 | 1440 | | 1440 | | |
| 3 | 190 | | 190 | | |
| 4 | | 30 | 30 | | |
| 5 | 200 | | 200 | | |
| 6 | | | 0 | | |
| 7 | | | 0 | | |
| 8 | | | 0 | | |
| 9 | | | 0 | | |
| 10 | | | 0 | | |
| 11 | | 30 | 30 | | |
| 12 | | 80 | 80 | | |
| 13 | | 50 | 50 | | |
| 14 | | | 0 | | |
| 15 | | | 0 | | |
| 16 | | 20 | 20 | | |
| 17 | | | 0 | | |
| 18 | 300 | | 300 | | |
| 19 | | 30 | 30 | | |
| 20 | | 200 | 200 | | |
| 21 | | | 0 | | |
| 22 | | 30 | 30 | | |
| 23 | | 30 | 30 | | |
| 24 | | | 0 | | |
| 25 | | | 0 | | |
| 26 | 860 | 30 | 890 | | |
| 27 | 480 | 60 | 540 | | |
| 28 | 600 | | 600 | | |
| 29 | | | 0 | | |
| 30 | | 60 | 60 | | |

Tableau 14: les arrêts causé par des changement

| jour | ts | (ts-ts moy)^2 | \sum (ts-ts moy)^2 | ∂s^2 | ∂s | cs |
|------|------|------------------|-------------------------|----------------|--------------|------------|
| 1 | 20 | 19044 | 2992280 | 99742,6667 | 315,820624 | 1,99886471 |
| 2 | 1440 | 1643524 | | | | |
| 3 | 190 | 1024 | | | | |
| 4 | 30 | 16384 | | | | |
| 5 | 200 | 1764 | | | | |
| 6 | 0 | 24964 | | | | |
| 7 | 0 | 24964 | | | | |
| 8 | 0 | 24964 | | | | |
| 9 | 0 | 24964 | | | | |
| 10 | 0 | 24964 | | | | |
| 11 | 30 | 16384 | | | | |
| 12 | 80 | 6084 | | | | |
| 13 | 50 | 11664 | | | | |
| 14 | 0 | 24964 | | | | |
| 15 | 0 | 24964 | | | | |
| 16 | 20 | 19044 | | | | |
| 17 | 0 | 24964 | | | | |
| 18 | 300 | 20164 | | | | |
| 19 | 30 | 16384 | | | | |
| 20 | 200 | 1764 | | | | |
| 21 | 0 | 24964 | | | | |
| 22 | 30 | 16384 | | | | |
| 23 | 30 | 16384 | | | | |

| | | |
|----|-----|--------|
| 24 | 0 | 24964 |
| 25 | 0 | 24964 |
| 26 | 890 | 535824 |
| 27 | 540 | 145924 |
| 28 | 600 | 195364 |
| 29 | 0 | 24964 |
| 30 | 60 | 9604 |

Tableau 15: calcul de la variabilité du changement

Cs=1.99 on a une forte variabilité CV est supérieur à 1.33

$$te = t0 + \frac{ts}{Ns} = 1437.4 + \frac{158}{929} = 1437.57$$

$$\begin{aligned} \sigma e^2 &= \sigma 0^2 + \frac{\sigma s^2}{Ns} + \frac{Ns - 1}{Ns^2} \times ts^2 \\ &= 24.84 + \frac{99742.66}{929} + \frac{929 - 1}{929^2} \times 158^2 = 393.26 \end{aligned}$$

$$ce^2 = \frac{\sigma e^2}{te^2} = \frac{393.26}{1437.5^2} = 1.90 \times 10^{-4}$$

ce=0.01

4.8. Variabilité par rapport au recyclage

B. Gestion des déchets

| DECHETS | Quantité | |
|---------------------------------|----------|---------|
| DECHETS IML | 995 | VENDU |
| DECHETS BLANC / PP COPO | 332 | RECYCLE |
| DECHETS TRANSPARENT / PP RANDOM | 279 | RECYCLE |
| DECHETS ROUGE | 154 | RECYCLE |
| DECHETS JAUNE | 128 | RECYCLE |
| DECHETS VERT | 67 | RECYCLE |

Le taux de déchet génère en IML représente **0.5%** de la consommation de matière première

Figure 20 : gestion des déchets

Les produits non conforme sont directement broyer et ensuite recyclé ou vendu , donc il n'ya pas de retour de produits pour être retouchés , donc ça cause pas de variabilité.

4.9. Variabilité du débit

Caractériser la variabilité des flux :

Dans notre étude , le traitement se fait sur une machine unique



Donc on a pas d'arrivés de job sur poste de travail on a seulement des départs .

| job | td | (td-tdmoy)^2 | td moyen | $\sum(td-tdmoy)^2$ | σ^2 | σ | cd |
|-----|------|--------------|----------|--------------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0,16 | 0,000121 | 0,171 | 0,00298 | 0,000149 | 0,01220656 | 0,07138337 |
| 2 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 3 | 0,18 | 8,1E-05 | | | | | |
| 4 | 0,19 | 0,000361 | | | | | |
| 5 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 6 | 0,17 | 0,000001 | | | | | |
| 7 | 0,18 | 8,1E-05 | | | | | |
| 8 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 9 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 10 | 0,18 | 8,1E-05 | | | | | |
| 11 | 0,19 | 0,000361 | | | | | |
| 12 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 13 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 14 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 15 | 0,19 | 0,000361 | | | | | |
| 16 | 0,18 | 8,1E-05 | | | | | |
| 17 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |
| 18 | 0,19 | 0,000361 | | | | | |
| 19 | 0,17 | 0,000001 | | | | | |
| 20 | 0,16 | 0,000121 | | | | | |

Figure 21: calcul de variabilité des départs

Le taux de départ $rd = \frac{1}{td} = \frac{1}{0.171} = 5.84$ donc 5 pièces par minutes

Coefficient de variation de départ (c_d)=0.071 une faible variabilité donc on a des arrivées régulières ou régulièrement espacées.

4.10. Les Arrivées et départs par lots

La notation de Kendall :

La file d'attente M / M / 1 :

On considère que les temps d'arrivé est le même que le temps de départ

$$WIP(M / M / 1) = \frac{u}{1-u}$$

$$wip = \frac{0.98}{1-0.98} = 49 \text{ pieces}$$

$$CT(M / M / 1) = \frac{WIP(M / M / 1)}{r_a} = \frac{t_e}{1-u}$$

$$ct = \frac{49}{5} = 9.8 \text{ minute}$$

$$CT_q(M / M / 1) = CT(M / M / 1) - t_e = \frac{u}{1-u} t_e$$

$$CTq = 49 \times 0.99 = 48.91 \text{ minutes}$$

$$WIP_q(M / M / 1) = r_a \times CT_q(M / M / 1) = \frac{u^2}{1-u}$$

$$WIPq = 48.02 \text{ pieces}$$

Systèmes avec processus général et temps entre les arrivées

$$CT_q \approx V \times U \times t \approx \left(\frac{c_a^2 + c_e^2}{2} \right) \left(\frac{u}{1-u} \right) t_e$$

$$CTq \approx \left(\frac{0.07^2 + 0.01^2}{2} \right) \times 48.91 = 0.122 \text{ minutes}$$

4.11. Les effets de blocage

La file d'attente M/M/1/b

Dans notre cas réel , la machine traite pièce par pièce sans fil d'attente donc on suppose qu'il y a assez d'espace que pour b unités dans le système (en file d'attente et en cours)

On pose $b=5$

$$WIP(M / M / 1 / b) = \frac{u}{1-u} - \frac{(b+1)u^{b+1}}{1-u^{b+1}}$$

$$TH(M / M / 1 / b) = \frac{1-u^b}{1-u^{b+1}} r_a$$

$$CT(M / M / 1 / b) = \frac{WIP(M / M / 1 / b)}{TH(M / M / 1 / b)}$$

$$WIP = \frac{0.98}{1-0.98} - \frac{6 \times 0.88}{1-0.88} = 5 \text{ PIECES}$$

$$TH = \frac{1-0.9}{1-0.88} \times 5.84 = 4.86 \text{ PIECE/MIN}$$

$$CT = \frac{5^{wip}}{4.86} = 1.02 \text{ MINUTE}$$

=

4.12. L'efficacité

➤ Le débit

$$E_{TH} = \min(TH, D) / D$$

Demande = 24000 pièces

TH = 25200 pièces

Donc l'efficacité du débit est à 100%

➤ L'utilisation

$$E_u = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{TH(i)}{r^*(i)} = \frac{25200}{30000} = 84\%$$

➤ **L'inventaire**

$$E_{inv} = \sum_i \frac{TH(i)}{r} \times \frac{1}{RMI + WIP + FGI}$$

$$E_{inv} = 0.84 \times 0.7 = 0.58$$

Donc l'efficacité de l' inventaire est de 58%

➤ **Le temps de cycle**

Nous définissons l'efficacité du temps de cycle comme le rapport du meilleur temps de cycle possible (temps de traitement brut sans détracteurs) à temps de cycle réel :

$$E_{CT} = T^*_0 / CT$$

$$E_{ct} = \frac{0.14}{0.17} = 0.82$$

➤ **Le délai de livraison**

$$E(lt) = \frac{t0 *}{\max(lt, t0 *)}$$

$$T0 = 1440 \text{ min}$$

$$Lt = 2160 \text{ min}$$

$$E(lt) = \frac{1440}{2160} = 0.66$$

➤ **Le service client**

E_s = fraction de la demande satisfaite à partir du stock dans le système de fabrication sur stock ou fraction de commandes exécutées dans les délais dans le système de fabrication à la commande

$$E_s=0.9$$

➤ **Qualité**

EQ = fraction des jobs qui passent par la ligne sans défauts au premier passage

$$EQ= 0.7$$

4.13. Lois sur les lots

Le lot de traitement :lots en série parce que les pièces sont produit en série (un à la fois) sur le poste de travail.

La taille est de 5000 pieces

Lot Transfert : C'est le nombre de pièces qui s'accumulent avant d'être transféré à la station suivante

La taille est 2000pieces

4.14. Conclusion

Les indicateurs de performance sont la synthèse des données clés de l'entreprise. Avec ces indicateurs, le dirigeant connaîtra rapidement si son entreprise se porte bien ou non. Puis il pourra agir efficacement pour corriger les erreurs qui se sont révélées ou poursuivre et accroître son développement. Ce sont donc des informations concrètes et opérationnelles.

Nous avons dans cette section fait toute une étude sur les différents temps d'arrêts, avec un classement par type de panne , et l'efficacité des paramètres de la production comme l'utilisation des machines , l'inventaire ,le délai de livraison , service client et qualité .

Conclusion générale

Ce projet a pour but la mesure de la performance de l'unité de production de SALAH PLAST

Au début, on a réalisé une partie théorique dont on a abordé les principes de factory physics, la définition et l'explication des différents paramètres essentiels pour quantifier les performances de l'usine et pour faciliter la compréhension du reste du travail.

On a aussi défini les problèmes et les indicateurs de performance à mesurer ainsi que leurs définitions et formules de calculs.

Avant d'aborder la partie pratique on a parlé de la production et l'industrie plastique avec une présentation de l'organisme d'accueil.

Ensuite, on a mené une étude de l'existant où on a mesuré les indicateurs, et on a identifié les données nécessaires pour la réalisation de notre projet .

Après avoir mesuré les indicateurs on les a évalués en les comparant avec les buts de l'entreprise.

Enfin on a mesuré les performances et on est arrivé à une idée claire sur la situation actuelle de l'entreprise , les indicateurs de performances et les axes d'amélioration.

Les principaux résultats de ces actions sont comme suit :

- minimiser les temps de changement qui présente le plus grand coefficient de variation
- la variabilité est bonne dans notre cas la plus part du temps car on a Variété de produits , Changement technologique , Variabilité de la demande

- On a une variabilité modérée pour le temps de réparation qui peut être amélioré
- On a une bonne efficacité du débit , d'utilisation et de temps de cycle qui est supérieur à 80% car le traitement est totalement automatique .
- Par contre l'efficacité d'inventaire ne dépasse pas 60% à cause de l'absence d'une gestion du stock .

- On propose de détenir un inventaire générique, afin qu'il puisse être utilisé pour satisfaire la demande de plusieurs sources. Cela exploite la propriété de mise en commun de la variabilité pour réduire considérablement le stock de sécurité requis.

- On propose que La taille d'un lot de traitement en série soit maximal parce qu'elle est liée à la durée d'un changement . Plus le montage est long, plus il faut produire de pièces entre les montages pour atteindre une capacité donnée.

Bibliographie

1. <https://www.larousse.fr/>. [En ligne]
2. Qu'est-ce que l'affectation des ressources en gestion de projet . <https://www.wrike.com/fr/project-management-guide/>. [En ligne]
3. Rôle et importance de la gestion de la production . <http://www.logistiqueconseil.org/>. [En ligne]
4. L.SPEARMAN, WALLACE J.HOPP MARK. *FACTORY PHYSICS SECOND EDITION*.
5. Le potentiel du marché algérien du plastique est considérable. "<https://www.liberte-algerie.com/actualite/>. [En ligne]
6. LES PLASTIQUES, C'EST QUOI ? <https://www.plasticseurope.org/>. [En ligne]
7. Les grandes étapes du moulage par injection. <https://prototechasia.com/injection-thermoplastique/> . [En ligne]
8. Qu'est-ce que l'injection plastique ? <https://www.keyence.fr/ss/products/measure-sys/machining/> . [En ligne]
9. production-de-plastique-en-hausse-dans-le-monde-mais-en-baisse-en-europe. <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/>. [En ligne]
10. production-de-plastique-en-hausse-dans-le-monde-mais-en-baisse-en-europe-. <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/>. [En ligne]